ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (04) 52 71 50

DECEMBRE 1973 — Mensuel — N° 12 — Maandelijks — DECEMBER 1973

ADMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (04) 52 71 50

DECEMBRE 1973 — Mensuel — N° 12 — Maandelijks — DECEMBER 1973



ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

n° 12 — décembre 1973

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

nr. 12 december 1973

Direction-Rédaction :
INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (04) 52.71.50

Sommaire - Inhoud

EDITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

1050 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 40.10.40

Dépôt légal : D/1973/0168

Wettelijke Depot : D/1973/0168

MINES DE HOUILLE - STEENKOLENMIJNEN

BASSINS MINIERS / MIJNBEKKENS — Périodes / Perioden	Production nette / Netto produktie t	Consomm. propre et Fournit. au pers. / Eigen verbr. en levering aan het pers.	Stocks / Voorraden t	Jours ouvrés / Gewerkte dagen	PERSONNEL — PERSONEEL: Nombre d'ouv. présents / Aantal aanwezig arb. — Fond / Ondergrond	Nombre d'ouv. présents — Fond et surface / Onder- en bovengrond	Indices - Indices — Taille / Pijler	Indices — Fond / Ondergrond	Indices — Fond et surface / Onder- en bovengrond	Rendement (kg) / Rendement (kg) — Fond / Ondergrond	Rendement — Fond et surface / Onder- en bovengrond	Présences (1) / Aanw. (%) — Fond / Ondergrond	Présences — Fond et surface / Onder- en bovengrond	Mouvem. main-d'œuvre / Werkkrachten schomm. — Belges / Belgen	Mouvem. — Etrangers / Vreemdel.	Mouvem. — Total / Totaal	Grisou capté et valorisé / Opgevangen en gevaloriseerd mijngas m³ à 8.500 kcal 0° C - 760 mm Hg
Hainaut - Henegouwen	108.500	8.442	64.313	21,23	2.816	4.408	0,255	0,595	0,942	1.685	1.061	71,61	75,52	— 62	— 75	— 137	3.304.871
Liège - Luik	65.677	5.595	50.435	20,73	1.699	2.520	0,222	0,567	0,849	1.763	1.179	73,29	78,11	— 44	— 171	— 215	
Campine - Kempen	423.688	47.119	181.622	19,91	8.863	12.594	0,096	0,418	0,598	2.390	1.672	86,79	86,79	— 71	— 70	— 141	695.561
Le Royaume - Het Rijk	597.865	61.156	296.370	20,36	13.389	19.564	0,139	0,467	0,688	2.144 (3)	1.453 (3)	81,11	83,91	— 177	— 316	— 493	4.000.432(2)
1973 Juillet - Juli	522.837	49.175	366.254	16,58	13.671	20.121	0,119	0,449	0,661	2.226	1.512	82,41	85,01	— 79	— 134	— 213	5.619.343
Juin - Juni	699.620	63.347	462.116	19,18	16.549	23.476	0,143	0,467	0,667	2.144	1.499	81,59	84,21	— 456	— 505	— 961	5.179.181
1972 Août - Augustus	752.965	73.643	587.393	20,34	16.413	23.615	0,139	0,450	0,655	2.225	1.526	82,31	74,75	— 128	— 258	— 386	3.694.975
1970 M.M.	1.022.392	93.227	214.909	18,80	21.479	30.162	0,157	0,438	0,625	2.284	1.599	83,13	85,37	— 151	— 146	— 297	4.555.460
1968 M.M.	1.233.846	94.468	1.735.082	20,28	30.101	40.787	0,184	0,506	0,705	1.976	1.418	83,55	85,55	— 200	— 315	— 515	5.393.912
1967 M.M.	1.369.570	96.697	2.643.697	20,31	35.131	47.637	0,202	0,541	0,748	1.847	1.336	85,14	86,78	— 208	— 382	— 590	5.886.368
1966 M.M.	1.458.276	104.342	3.045.509	19,72	40.231	54.455	0,219	0,569	0,787	1.758	1.270	85,07	86.66	— 435	— 617	—1052	4.938.413
1964 M.M.	1.775.376	118.885	1.488.665	21,33	50.710	68.032	0,237	0,635	0,866	1.574	1.155	83.71	85.66	— 291	+ 323	+ 32	5.514.722
1962 id.	1.768.804	124.240	1.350.544	21,56	52.028	71.198	0,224	0,610	0,853	1.624	1.156	81,17	83,82	— 411	+ 2	— 409	5.848.183
1960 id.	1.872.443	176.243	6.606.610	20.50	51.143	71.460	0,268	0,700	0,983	1.430	1.018	81,18	83,70	— 753	— 745	—1498	5.702.727
1956 id.	2.455.079	254.456	179.157	23,43	82.537	112.943	0,35	0.86	1,19	1.156	838	84,21	86.29	— 357	— 300	— 657	7.443.776
1948 id.	2.224.261	229.373	840.340	24,42	102.081	145.366	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 id.	2.465.404	205.234	2.227.260	24,20	91.945	131.241	—	0,92	1,33	1.085	753	—	—	—	—	—	—
1913 id.	1.903.466	187.143	955.890	24.10	105.921	146.084	—	1,37	1,89	731	528	—	—	—	—	—	—
1973 Semaine du 8-12 au 14-12 / Week van 8-12 tot 14-12	185.142	—	210.517	5	17.041	23.944	—	—	—	2.167	1.553	80,00	83,00	—	—	—	—

N. B. — (1) Uniquement les absences individuelles . — Alléén individuële afwezigheid.
(2) Dont environ 5 % non valorisé — Waarvan ongeveer 5 % niet gevaloriseerd.
(3) Sans les effectifs de maîtrise et de surveillance : Fond : 2.493 — Fond et surface : 1.649. — Zonder de sterkte van meester- en toezichtspersoneel : Ondergrond : 2.493 — Onder- en bovengrond : 1.649.

BELGIQUE
BELGIE

FOURNITURE DE CHARBONS BELGES AUX DIFFERENTS SECTEURS ECONOMIQUES
LEVERING VAN BELGISCHE STEENKOLEN AAN DE VERSCHEIDENE ECONOMISCHE SECTORS t

AOUT 1973
AUGUSTUS 1973

PERIODES / PERIODEN	Foyers domestiques, artisanat, commerce, administrations publiques	Huisbrand, kleinbedrijf, handel, openbare diensten	Cokeries / Cokesfabrieken	Fabriques d'agglomérés / Agglomeratenfabr.	Centrales électr. publiques / Openbare elektr. centrales	Sidérurgie / IJzer- en staalnijverheid	Fabrications métall. / Metaalverwerkende nijverheden	Métaux non ferreux / Non-ferro metalen	Chimie / Chemische nijverh.	Chemins de fer et autres transports / Spoorwegen en ander vervoer	Textiles, habillement, cuir / Textiel, kleding, leder	Denr. alim., boissons, tabacs / Voedingswaren, dranken, tabak	Produits minéraux non métalliques	Niet metalen delfstoffen	Pâtes à papier, papier / Papierpulp, papier	Industries diverses / Allerlei nijverheidstakken	Exportations / Uitvoer	Total du mois / Tot. v. d. maand
1973 Août - Augustus	45.019		383.876	19.417	123.625	9.592	1.405	3.256	129	784	23	1.758	3.287		—	307	27.877	620.355
Juillet - Juli	24.266		431.859	70.254	82.295	—	9.038	2.025	—	827	25	179	1.282		—	187	25.087	585.013
Juin - Juni	54.102		421.261	21.251	125.948	14.439	1.166	5.406	72	630	131	1.636	2.333		—	722	26.788	675.885
1972 Août - Augustus	59.651		443.738	30.014	141.273	11.269	1.134	4.080	101	1.412	296	2.027	3.392		2.436	429	27.387	728.639
1970 M.M.	112.550		464.180	54.101	18.468	11.596	19.132	10.100	425	2.370	388	4.161	6.725		4.191	4.359	44.102	925.190
1969 M.M.	132.890		519.889	51.651	271.629	13.387	2.502	12.188	374	2.630	521	5.564	9.328		4.790	3.035	74.823	1.105.199
1968 M.M.	166.544		510.582	63.687	316.154	10.976	2.595	10.189	1.129	3.241	588	6.703	11.598		4.382	3.566	95.376	1.207.310
1967 M.M.	179.557		511.078	66.778	322.824	12.848	3.358	12.199	1.900	3.861	1.033	5.946	17.630		4.454	4.134	125.871	1.273.471
1966 M.M.	174.956	(2) 12.534	466.091	76.426	334.405	13.655	4.498	15.851	6.366	7.955	1.286	5.496	15.996	(3) 11.063	5.558	14.288	99.225	1.265.649
1964 M.M.	217.027	14.940	526.285	112.413	294.529	8.904	7.293	21.429	13.140	23.176	2.062	13.632	22.867	57.211	10.527	15.150	169.731	1.530.316
1962 M.M.	278.231	13.871	597.719	123.810	341.233	8.112	10.370	21.796	23.376	45.843	3.686	17.082	26.857	65.031	13.549	20.128	223.832	1.834.526
1960 M.M	266.847	12.607	619.271	84.395	308.910	11.381	8.089	28.924	18.914	61.567	6.347	20.418	38.216	58.840	14.918	21.416	189.581	1.770.641
1956 M.M.	420.304	15.619	599.722	139.111	256.063	20.769	12.197	40.601	41.216	91.661	13.082	30.868	64.446	71.682	20.835	32.328(1)	353.828	2.224.332
1952 M.M.	480.657	14.102	708.921 (1)		275.218	34.685	16.683	30.235	37.364	123.398	17.838	26.645	63.591	81.997	15.475	60.800	209.060	2.196.669

N. B. — (1) Y compris le charbon fourni aux usines à gaz. — Daarin begrepen de aan de gasfabrieken geleverde steenkolen.

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Fours en activité - Ovens in werking: Batteries Batterijen	Fours Ovens	Charbon - Steenkolen (t) Reçu - Ontv.: Belge Inheemse	Etranger Uitheemse	Enfourné In de oven geladen	Huiles combustibles Stookolie (t)	COKE - COKES (t) Production - Produktie: Gros coke Dikke cokes > 80 mm	Autres Andere	Total Totaal	Consomm. propre Eigen verbruik	Livr. au personnel Levering aan pers.	Débit - Afzet: Sect. domest., artisanat et admin. publ. - Huis. sektor, kleinbedrijf en openb. diensten (2)	(3)	Sidérurgie IJzer- en staalnijverheid	Centr. électr. publiques Openb. elektr. centrales	Transports Vervoer	Autres secteurs Andere sektors	Exportation Uitvoer	Total Totaal	Stock fin de mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
Gras A et B - Vetkool A en B			382.213	445.512	826.864																
Autres - Andere			8.730	21.598	30.344																
Le Royaume - Het Rijk	45	1.498	390.943	467.110	857.208		564.425	114.504	679.009	3	712	4.003		603.987	17	160	21.250	31.947	661.364	235.997	3.068
1973 Juillet - Juli	45	1.498	438.585	331.141	769.726		549.260	114.608	663.868	1	369	2.320		578.196	5	320	16.820	31.150	628.811	211.547	3.080
Juin - Juni	45	1.491	425.860	425.859	748.202		489.472	101.496	590.968	4	486	3.052		537.055	5	52	21.673	40.795	602.632	179.398	3.070
1972 Août - Augustus	42	1.370	429.686	238.188	752.009		491.373	90.460	581.833	55	1.080	2.727		501.518	—	432	24.208	28.907	557.792	252.897	2.910
1970 M.M.	42	1.378	471.981	335.828	771.875	(4)	483.060	110.208	593.267	196	2.830	6.162		486.084	39	1.176	41.698	50.362	585.521	688.236	3.041
1969 M.M.	41	1.379	515.282	266.488	781.952	(4)	503.144	100.930	604.075	367	3.066	9.084		513.846	21	903	39.480	40.250	563.335	82.874	3.039
1968 M.M.	43	1.431	510.733	269.531	785.596	(4)	494.007	109.853	603.590	282	3.397	11.318		493.621	29	1.186	40.536	55.880	502.570	118.142	3.165
1967 M.M.	43	1.442	501.276	247.575	744.976	1.210	463.687	107.755	571.442	466	4.173	10.678		454.308	362	928	41.099	64.028	571.403	132.940	3.289
1966 M.M.	46	1.500	465.298	283.631	757.663	1.468	461.970	118.145	580.115	1.306	5.142	11.595	1.342	442.680	117	1.010	44.278	66.884	567.906	188.726	3.524
1964 M.M.	49	1.581	520.196	283.612	805.311	840	485.178	131.291	616.429	1.759	5.640	13.562	1.833	483.554	83	1.209	48.159	59.535	607.935	161.531	3.998
1962 M.M.	43	1.439	581.012	198.200	778.073	951	481.665	117.920	599.585	6.159	5.542	14.405	2.342	473.803	159	1.362	46.384	53.450	591.905	217.789	4.310
1960 M.M.	51	1.668	614.508	198.909	811.811	23.059(1)	502.323	124.770	627.093	7.803	5.048	12.564	2.973	468.291	612	1.234	49.007	82.218	616.899	269.877	3.821
1956 M.M.	44	1.530	601.931	196.725	784.875	10.068(1)	492.676	113.195	605.871	7.228	5.154	15.538	5.003	433.510	1.918	2.200	56.636	76.498	591.308	87.208	4.137
1948 M.M.	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 M.M.	56	1.669	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 M.M.	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

N.B. — (1) En hl. - In hl. — (2) Secteur domestique et artisanat - Huisbrand en kleinbedrijf. — (3) Administrations publiques - Openbare diensten. — (4) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

BELGIQUE - BELGIE
COKERIES - COKESFABRIEKEN

GENRE PERIODE / AARD PERIODE	Gaz - Gas 1.000 m³, 4.250 kcal, 0° C, 760 mm Hg: Production Produktie	Consomm. propre Eigen verbruik	Débit - Afzet: Synthèse Ammon. fabr.	Sidérurgie Staalnijverh.	Autres indus. Andere bedr.	Centrales élec. Elek. centrales	Sous-produits Bijprodukten (t): Goudron brut Ruwe teer	Ammoniaque Ammoniak	Benzol
Gaz de fours - Hoogovengas	294.728	120.033	10.827	73.001	9.812	81.063	—	—	—
Autres - Andere	—	28.162	—	5.929	420	—	—	—	—
Le Royaume - Het Rijk	294.728	148.195	10.827	78.930	10.232	81.063	23.787	4.621	4.412
1973 Juillet - Juli	298.533	154.627	15.614	81.393	13.731	60.768	24.382	4.538	4.610
Juin - Juni	254.709	129.268	10.760	69.457	—	69.524	17.739	3.728	3.764
1972 Août - Augustus	240.441	119.923	23.427	65.802			20.453	4.130	4.313
1970 M.M.	264.156	132.455	19.397	80.926			19.471	3.995	4.586
1969 M.M.	266.093	131.627	22.652	83.604			20.527	5.141	5.366
1968 M.M	273.366	131.861	32.096	81.331			21.841	5.874	5.567
1967 M.M.	260.580	122.916	36.041	78.819			21.176	6.229	4.923
1966 M.M.	262.398	124.317	47.994	71.338			21.297	6.415	5.053
1964 M.M.	282.815	132.949	75.748	69.988			23.552	6.764	5.470
1962 M.M.	280.103	128.325	69.423	17.162			23.044	6.891	5.239
1960 M.M.	283.038	133.434	80.645	64.116			22.833	7.043	5.870
1956 M.M.	267.439	132.244	78.704	56.854			20.628	7.064	5.569
1948 M.M.	105.334	—	—	—			16.053	5.624	4.978
1938 M.M.	75.334	—	—	—			14.172	5.186	4.63[illegible]

FABRIQUES D'AGGLOMERES - AGGLOMERATENFABRIEKEN
AOUT 1973 - AUGUSTUS 1973

PERIODE	Production - Produktie (t): Boulets Eierkolen	Briquettes Briketten	Total Totaal	Consommation propre Eigen verbruik (t)	Livraison au personnel Lever. aan het personeel (t)	Mat. prem. Grondstoffen (t): Charbon Steenkool	Brai Pek	Ventes et cessions Verkocht en afgestaan (t)	Stock fin du mois Voorraad einde maand (t)	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeid.
1973 Août - Aug.	22.266	950	23.216	662	7.971	21.543	1.958	16.893	13.535	114
Juil. - Juli.	7.369	697	8.066	217	1.885	8.506	741	6.830	15.811	127
Juin - Juni.	21.899	1.325	23.224	403	5.595	22.971	2.051	15.503	16.673	133
1972 Août - Aug.	32.143	2.060	34.203	1.408	10.232	31.407	2.641	18.958	22.300	155
1970 M.M.	59.178	2.920	62.098	2.101	16.990	58.556	4.751	43.469	24.951	230
1969 M.M.	62.954	3.165	66.119	2.318	15.132	58.289	5.564	49.335	21.971	268
1968 M.M.	64.766	3.820	68.586	3.364	14.784	65.901	5.404	51.061	30.291	316
1967 M.M.	67.755	4.632	72.387	4.460	13.382	68.756	5.983	55.594	37.589	438
1966 M.M.	75.315	5.645	80.950	2.316	16.191	78.302	6.329	65.598	48.275	482
1964 M.M.	109.081	10.337	119.418	2.425	17.827	85.138	7.124	70.576	37.623	478
1962 M.M.	119.386	14.134	133.520	2.920	16.708	127.156	10.135	114.940	5.315	577
1960 M.M.	77.240	17.079	94.319	2.282	12.191	84.464	7.060	77.103	32.920	473
1956 M.M.	116.258	35.994	152.252	3.666	12.354	142.121	12.353	133.542	4.684	647
1948 M.M.	27.014	53.384	80.848	—	—	74.702	6.625	—	—	563
1938 M.M.	39.742	102.948	142.690		—	129.797	12.918	—	—	873
1913 M.M.	—	—	217.387		—	197.274	—	—	—	1.911

BELGIQUE BRAI AOUT 1973
BELGIE PEK t AUGUSTUS 1973

PERIODE	Quantités reçues – Ontvangen hoeveelheden: Orig. indig. – Inh. oorspr.	Importations – Invoer	Total – Totaal	Consomm. totale – Totaal verbruik	Stock fin du mois – Voorr. einde maand	Exportations – Uitvoer
1973 Août - Augustus.	1.873	—	1.873	1.958	5.215	402
Juillet - Juli . .	382	—	382	741	5.300	492
Juin - Juni . . .	2.158	—	2.158	2.051	5.659	—
1972 Août - Augustus.	2.191	—	2.191	2.641	5.307	—
1970 M.M.	4.594	168	4.762	4.751	6.530	193
1969 M.M.	5.187	6	5.193	5.564	8.542	—
1968 M.M.	4.739	86	4.825	5.404	14.882	274
1967 M.M.	4.400	40	4.440	5.983	23.403	482
1966 M.M.	4.079	382	4.461	6.329	46.421	398
1964 M.M.	6.515	7.252	13.767	9.410	82.198	1.080
1962 M.M.	8.832	1.310	10.142	10.135	19.963	—
1956 M.M.	7.019	5.040	12.059	12.125	51.022	1.281
1952 M.M.	4.624	6.784	11.408	9.971	37.357	2.014

BELGIQUE METAUX NON FERREUX AOUT 1973
BELGIE NON FERRO-METALEN AUGUSTUS 1973

PERIODE	Produits bruts - Ruwe produkten: Cuivre Koper (t)	Zinc Zink (t)	Plomb Lood (t)	Etain Tin (t)	Alum., Antim., Cadm., etc (t) Alum., Antim., Cadm., enz. (t)	Poussières de zinc (t) Zinkstof (t)	Total Totaal (t)	Argent, or platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Demi-finis - Half. pr.: Mét. préc. exc. Edele metalen uitgezonderd (t)	Argent, or, platine, etc. Zilver, goud, plat., enz. (kg)	Ouvriers occupés Te werk gestelde arbeiders
1973 Août - Augustus . .	34.325	23.109	8.360	339	927	3.621	70.681	61.228	46.543	5.672	7.323
Juillet - Juli . . .	31.184	23.514	9.137	431	999	3.683	68.948	71.899	24.684	120	15.197
Juin - Juni	32.667	23.813	10.355	479	1.207	3.806	72.327	74.442	47.238	2.363	15.342
1972 Août - Augustus . .	24.488	22.280	7.970	420	487	3.708	59.353	62.474	39.317	3.540	14.763
1970 M.M.	29.423	19.563	3.707	477	585	8.673	62.428	76.259	36.333	3.320	16.689
1969 M.M.	25.077	21.800	9.366	557	594		57.393	121.561	36.007	2.451	16.462
1968 M.M.	28.409	20.926	9.172	497	482		59.486	85.340	32.589	1.891	15.881
1967 M.M.	26.489	18.944	8.983	514	419		55.349	41.518	29.487	1.981	16.330
1966 M.M.	25.286	20.976	7.722	548	596		55.128	37.580	32.828	2.247	18.038
1964 M.M.	23.844	18.545	6.943	576	640		50.548	35.308	29.129	1.731	17.510
1962 M.M.	18.453	17.180	7.763	805	638		44.839	31.947	22.430	1.579	16.461
1956 M.M.	14.072	19.224	8.521	871	648		43.336	24.496	16.604	1.944	15.919
1952 M.M.	12.035	15.956	6.757	850	557		36.155	23.833	12.729	2.017	16.227

BELGIQUE-BELGIE SIDER

PRODU

PERIODE PERIODE	Hauts fourneaux en activité Hoogovens in werking	Produits bruts Ruwe produkten: Fonte Gietijzer	Acier en lingots Staalblokken	Acier moulé av. ébard. Gegoten staal voor afboording	Produits demi-finis Half-produkten: Pour relamin. belges Voor Belg. herwalsers	Autres Andere	Aciers marchands Handelsstaal	Profilés Profielstaal	Rails et accessoires Spoorstaven en
1973 Août - Augustus	39	1.053.175	1.279.845	5.950	94.809	115.571	190.294	121.215	1.4
Juillet - Juli	39	1.054.859	1.239.051	2.851	75.117	79.895	170.786	98.801	2.0
Juin - Juni	39	1.003.846	1.223.386	6.001	51.750	87.926	237.737	121.900	1.1
1972 Août - Augustus	39	859.108	1.077.004	6.286	54.581	48.342	197.750	85.477	2.0
1970 M.M.	41	895.076	1.050.953	8.875	51.711	77.649	20.684	77.345	3.1
1969 M.M.	42	924.332	1.069.748	(3)	56.695	69.424	217.770	67.378	4.1
1968 M.M.	41	864.209	964.389	(3)	45.488	58.616	202.460	52.360	3.6
1967 M.M.	40	741.832	809.671	(3)	49.253	56.491	180.743	42.667	2.9
1966 M.M.	40	685.805	743.506	(3)	49.224	63.777	167.800	38.642	4.4
1964 M.M.	44	67J.548	727.548	(3)	52.380	80.267	174.098	35.953	3.3
1962 M.M.	45	562.378	613.479	4.805	56.034	49.495	172.931	22.572	6.9
1960 M.M.	53	546.061	595.060	5.413	150.669	78.148	146.439	15.324	5.3
1956 M.M.	50	480.840	525.898	5.281	60.829	20.695	153.634	23.973	8.31
				(1)					
1948 M.M.	51	327.416	321.059	2.573	61.951		70.980	39.383	9.85
1938 M.M.	50	202.177	184.369	3.508	37.839		43.200	26.010	9.33
1913 M.M.	54	207.058	200.398	25.363	127.083		51.177	30.219	28.48

(1) Fers finis - Afgewerkt ijzer. — (2) Tubes soudés Gelaste pijpen. — (3) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Importations - Invoer (t)

Pays d'origine Land van herkomst Période Periode Répartition Verdeling	Charbon Steenkolen	Coke Cokes	Agglomérés Agglomeraten	Lignite Bruikolen
C.E.C.A. - E.G.K.S.				
Allem. Occ. - W. Duitsl.	247.310	26.389	439	1.706
France - Frankrijk	3.729	31.330	—	—
Pays-Bas - Nederland	37.631	21.866	9.939	—
Roy. Uni - Veren. Koninkrijk.	8.536	5.062	—	—
Total - Totaal	297.206	84.647	10.378	1.706
PAYS TIERS - DERDE LANDEN :				
E.U.A. - V.S.A.	99.676	2.753	—	—
URSS - USSR	13.671	—	—	—
Pologne - Polen	169.145	—	—	—
Tchécoslovaquie - Jsjechoslovakije	20.809	—	—	—
Australie - Australië	15.429	—	—	—
Total - Totaal	318.730	2.753	—	—
Ens. Août - 1973 Samen Aug.	615.936	87.400	10.378	1.706
1973 Juillet - Juli	487.507	110.170	6.633	1.203
Juin - Juni	630.752	• 116.814	11.481	2.273
1972 Août - Augustus	440.001	49.231	10.850	2.564
1970 M.M.	630.584	127.577	22.637	3.547
Repartition - Verdeling :				
1) Sect. dom. - Huisel. sektor.	121.243	671	10.378	1.706
2) Sect. ind. - Nijverheidssekt.	497.127	84.174	—	—
3) Réexportation - Wederuit.	1.469	2.555	—	—
4) Mouv. stocks - Schom. voor.	— 3.903	—	—	—

Exportations - Uitvoer (t)

Destination Land van bestemming	Charbons Steenkolen	Cokes Cokes	Agglomérés Agglomeraten
CECA - EGKS			
Allemagne Occ. - W. Duitsl.	18.824	7.478	1.080
France - Frankrijk	7.073	3.991	2.859
Luxembourg - Luxemburg	—	8.624	—
Pays-Bas - Nederland	1.299	815	—
Royaume Uni - Veren. Konink.	—	120	—
Total - Totaal	27.196	21.028	3.939
PAYS TIERS - DERDE LANDEN			
Espagne - Spanje	666	—	—
Suède - Zweden	—	3.075	—
Suisse - Zwitserland	—	1.577	175
Turquie - Turkije	—	3.237	—
Divers - Allerlei	15	3.030	360
Total - Totaal	681	10.919	535
Ens. Août - 1973 Samen Aug.	27.877	31.947	4.474
1973 Juillet - Juli	25.087	31.150	2.404
Juin - Juli	26.788	40.795	3.615
1972 Août - Augustus	27.387	28.907	3.527
1970 M.M.	44.106	53.162	7.618

ER- EN STAALNIJVERHEID

AOUT-AUGUSTUS 1973

DUCTIE t

Produits finis - Afgewerkte produkten									Produits finals Verder bew. prod.		
Fil machine Walsdraad	Tôles fortes Dikke platen ≥ 4,76 mm	Tôles moyennes Middeldikke platen 3 à 4,75 mm 3 tot 4,75 mm	Larges plats Universel staal	Tôles fines noires Dunne platen niet bekleed	Feuillards bandes à tubes Bandstaal Banden v. buizenstrip	Ronds et carrés pour tubes Rond en vierkant staafmat. voor buizen	Divers Allerlei	Total des produits finis Totaal der afgewerkte produkten	Tôles galv., plomb. et étamées Verzinkte, verlode en vertinde platen	Tubes d'acier Stalen buizen	Ouvriers occupés Tewerkgestelde arbeiders
48.491	105.191	61.058	1.068	313.692	24.640	5.976	1.587	874.688	96.474	26.069	51.020
33.391	86.769	56.626	1.495	272.676	7.687	3.000	1.060	724.291	49.022	9.570	50.833
41.532	123.716	50.772	2.257	321.379	19.300	2.320	1.864	923.974	81.795	23.441	51.496
50.791	123.434	50.492	3.534	292.392	16.423	2.678	2.818	827.874	56.238	17.283	50.358
63.481	90.348	50.535	2.430	242.951	30.486	5.515	2.034	774.848	60.660	23.082	50.663
72.736	97.658	59.223	2.105	258.171	32.621	5.377	1.919	819.109	60.141	23.394	48.313
80.861	78.996	37.511	2.469	227.851	30.150	3.990	2.138	722.475	51.339	20.199	47.944
80.132	74.192	27.872	1.358	180.627	30.369	2.887	2.059	625.890	51.289	19.802	48.148
77.133	68.572	25.289	2.073	149.511	32.753	4.409	1.636	572.304	46.916	22.462	49.651
72.171	47.996	19.976	2.693	145.047	31.346	1.181	1.997	535.840	49.268	22.010	53.604
53.288	41.258	7.369	3.526	113.984	26.202	290	3.053	451.448	39.537	18.027	53.066
53.567	41.501	7.593	2.536	90.752	29.323	1.834	2.199	396.405	26.494	15.524	44.810
										(2)	
40.874	53.456	10.211	2.748	61.941	27.959	—	5.747	388.858	23.758	4.410	47.104
28.979	28.786	12.140	2.818	18.194	30.017	—	3.589	255.725	10.992	—	38.431
10.603	16.460	9.084	2.064	14.715	13.958	—	1.421	146.852	—	—	33.024
11.852	19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	—	35.300

Production Produktie	Unité - Eenheid	Juillet - Juli 1973	Juin - Juni 1973	Juillet - Juli 1972	M.M. 1972
Porphyre - Porfier :					
Moëllons - Breuksteen . .	t	287	3.012	691	1.186
Concassés - Puin . . .	t	354.036	597.193	364.394	669.574
Petit granit - Hardsteen :					
Extrait - Ruw	m^3	11.928	25.417	9.273	24.854
Scié - Gezaagd	m^3	3.291	6.018	2.716	6.082
Façonné - Bewerkt . . .	m^3	377	783	328	950
Sous-prod. - Bijprodukten	m^3	9.582	17.289	6.811	19.873
Marbre - Marmer :					
Blocs équarris - Blokken .	m^3	164	295	170	259
Tranches - Platen (20 mm)	m^2	8.577	22.978	12.751	25.234
Moëllons et concassés - Breuksteen en puin . . .	t	313	1.403	532	1.220
Bimbeloterie - Snuisterijen	kg	(c)	(c)	(c)	(c)
Grès - Zandsteen :					
Moëllons bruts - Breukst.	t	28.680	39.212	9.552	22.964
Concassés - Puin . . .	t	83.544	192.886	74.320	161.692
Pavés et mosaïques - Straatsteen en mozaïek .	t	50	112	60	103
Divers taillés - Diverse .	t	2.289	4.560	1.910	4.054
Sable - Zand :					
pr. métall. - vr. metaaln.	t	102.938	118.051	85.134	110.074
pr. verrerie - vr. glasfabr.	t	157.854	159.522	128.409	113.976
pr. constr. - vr. bouwbedr.	t	522.634	930.605	563.192	860.282
Divers - Allerlei . . .	t	168.508	280.167	103.002	186.097
Ardoise - Leisteen :					
Pr. toitures - Dakleien .	t	94	178	244	232
Schiste ard. - Leisteen .	t	94	70	62	235
Coticule - Slijpstenen . .	kg	(c)	(c)	(c)	(c)

Production Produktie	Unité - Eenheid	Juillet - Juli 1973	Juin - Juni 1973	Juillet - Juli 1972	M.M. 1972
Produits de dragage - Prod. v. baggermolens :					
Gravier - Grind . .	t	301.693	621.682	254.129	533.327
Sable - Zand . . .	t	42.007	83.311	39.739	72.748
Calcaires - Kalksteen . .	t	1.610.255	2.203.156	1.541.761	2.031.243
Chaux - Kalk	t	228.926	252.821	215.438	239.503
Carbonates naturels - Natuurcarbonaat . . .	t	24.581	29.001	24.687	36.079
Dolomie - Dolomiet :					
crue - ruwe	t	171.775	190.063	142.440	149.034
frittée - witgegloeide .	t	23.631	25.884	25.581	29.071
Plâtres - Pleisterkalk . .	t	4.688	8.974	4.249	8.765
Agglomérés de plâtre - Pleisterkalkagglomeraten	m^2	1.270.648	1.500.725	429.027	1.155.790
Silex - Vuursteen :					
broyé - gestampt . . / pavé - straatsteen . .	t	325	1.399	1.099	858
Quartz et Quartzites - Kwarts en Kwartsiet . .	t	27.603	46.926	20.170	42.169
Argiles - Klei	t	35.754	54.525	37.366	24.257
Personnel - Personeel :					
Ouvriers occupés - Tewerkgestelde arbeiders		8.532	8.612	8.907	8.937

(c) Chiffres indisponibles - Onbeschikbare cijfers.

Mine d'uranium de New Quirke (Rio Algom Mines) à Elliot Lake (Ontario), Canada

Exploitation par chambres vides

Uraniummijn van New Quirke (Rio Algom Mines) in Elliot Lake (Ontario), Canada

Ontginning door middel van ledige kamers

Pierre STASSEN *

RESUME

La mine de New Quirke de la Rio Algom Mines exploite un gisement d'uranium dans la région de Elliot Lake (Ontario, Canada). Les « Reefs » uranifères sont situés dans un conglomérat de quartz à la base des formations huroniennes qui reposent sur un soubassement de diorite et d'andésite.

Le Reef exploité a une épaisseur de 1,80 à 6 m dans le gisement de New Quirke, son inclinaison est de 23° vers le sud et la teneur du minerai brut en uranium est de 0,15 %. On exploite par la méthode des grandes chambres vides de 120 m de longueur et de 20 m de largeur, séparées par des piliers ayant la forme de bandes de 3 m de largeur. Le taux de défruitage atteint 85 %.

Le transport dans les chambres est assuré par racleurs et l'évacuation des produits vers le puits est effectué par trains roulant dans des galeries creusées au rocher à 9 m au mur de la formation.

Les produits subissent un concassage primaire au fond à la maille de 100 mm et sont extraits par skips. La production peut atteindre 7000 t/jour.

* Directeur à l'Institut National des Industries Extractives, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège.

SAMENVATTING

De mijn van New Quirke van de Rio Algom Mines ontgint een uraniumafzetting in de streek van Elliot Lake (Ontario, Canada). De uraniumhoudende « reefs » liggen in een kwartskonglomeraat aan de basis van de huroonformaties die rusten op een ondergrond van dioriet en andesiet.

De ontgonnen Reef heeft in de afzetting van New Quirke een dikte van 1,80 tot 6 m, de helling is 23° naar het zuiden en het uraniumgehalte van het ruwe erts bedraagt 0,15 %. De ontginning geschiedt door middel van grote ledige kamers met een lengte van 120 m en een breedte van 20 m, gescheiden door drie meter dikke bandvormige pijlers. De nutsfaktor bereikt 85 %.

In de kamers gebeurt het vervoer met schrapers terwijl de produkten naar de schacht gebracht worden in treinen die lopen in 9 m lager dan de formatie gelegen galerijen die in het gesteente gedreven zijn.

De produkten worden in de ondergrond een eerste keer gebroken tot 100 mm en opgehaald met skips. De produktie kan gaan tot 7.000 t/dag.

* Direkteur bij het Nationaal Instituut voor de Extractiebedrijven, Professor in Mijnbouw aan de Universiteit van Luik.

L'installation de préparation mécanique est décrite en détail et a donné en 1971, 2100 t de concentrés d'uranium à partir de 1,6 Mio.t de minerai brut.

Une attention particulière est accordée au traitement des rejets, à leur stabilisation, à l'amendement des sols pour promouvoir la croissance de plantes et d'herbes. Les eaux d'exhaure et de l'installation de préparation mécanique ne sont rejetées à la rivière qu'après une neutralisation complète.

Tous les problèmes d'environnement au fond, comme en surface, font l'objet de grands efforts de la part des exploitants.

De installatie voor de mechanische bereiding wordt in bijzonderheden beschreven en in 1971 leverde ze 2.100 t uraniumkoncentraat uit 1,6 miljoen ton ruw erts.

Bijzondere aandacht wordt besteed aan de behandeling en stabilisering van de afval en aan de afwerking van de bodem zodat planten en gras kunnen groeien. Het van de bemaling en van de ertsbereiding voorkomend water wordt volledig geneutraliseerd vooraleer het in de rivier wordt geloosd.

De exploitanten sparen geen moeite voor de oplossing van de milieuproblemen, zowel onder- als bovengronds.

INHALTSANGABE

Die Bergwerke New Quirke, gehörend zu den Rio Algom Mines, beuten ein Uranvorkommen in der Gegend von Elliot Lake (Ontario, Kanada) aus. Die uranhaltigen « Reefs » liegen in einem Quarzkonglomerat auf der Grundlage von huronischen Schichten, die auf einem Grundgebirge von Diorite und Andesit aufliegen.

Der ausgebeutete Reef hat im Vorkommen von New Quirke eine Dicke von 1,80 bis 6 m. Das Einfallen beträgt 23 Grad nach Süden, und der Urangehalt des Roherzes stellt sich auf 0,15 %. Die Gewinnung erfolgt durch grosse leere Kammern von 120 m Länge bzw. 20 m Breite, die durch bandförmige, 3 Meter breite Pfeiler getrennt sind. Der Ausnutzungsgrad beträgt 85 %.

Der Transport durch die Kammern übernehmen die Schrapper, und die Förderung werden den Schächten zugeführt auf Zügen, welche durch die 9 Meter vom Liegende entfehrten Gesteinstrecken fahren.

Die Erzeugnisse werden unter Tage vorzerkleinert zu 100 mm-Maschen und vermittels Schachtgefässe gefördert. Die Produktion kann 7000 Tonnen täglich erreichen.

Die mechanische Aufbereitungsanlage wird im einzelnen beschrieben und ergab 1971, 2100 t Urankonzentrat aus 1,6 Mio t Roherz.

Besondere Aufmerksamkeit verdienten die Behandlung der Halde sowie deren Stabilisierung und die Verbesserungsmittel des Bodens zur Wachstumsförderung der Gräser und Pflanzen. Die Abwässer aus der Wasserhaltung sowie aus der mechanischen Aufbereitungsanlage werden erst nach vollständiger Neutralisierung in den Fluss abgeleitet.

Alle Umweltschutzprobleme über und unter Tage sind Gegenstand grosser Bemühungen von seiten der Bergleitung.

SUMMARY

The New Quirke mine of Rio Algom Mines is working a seam of uranium in the region of Elliot Lake (Ontario, Canada). The Uranium-bearing « Reefs » are situated in a quartz conglomerate at the base of huronian formations which rest on a subfoundation of diorite and andesite.

The Reef being worked is 1.80 to 6 m thick in the New Quirke stratum, it has a dip of 23° southwards and the uranium content of the ore is 0.15 %. It is worked by the room-and-pillar method, with rooms 120 m long and 20 m wide, separated by pillars forming bands 3 m wide. The proportion worked reaches 85 %.

The haulage in the rooms is provided by scrapers and the evacuation of the products towards the shaft is carried out by trains running in galleries driven 9 m in the rock at the formation floor.

The products undergo a first crushing underground with a 100 mm mesh and are extracted by skips. Production may reach 7,000 t/day.

The mechanical preparation installation is described in detail and in 1971 it produced 2,100 t of uranium concentrates from 1.6 million tons of raw ore.

Particular attention is given to the treatment of rejected material, its stabilization, the improvement of the ground to promote the growth of plants and herbs.

The water pumped out from the mine and from the mechanical preparation installation is not emptied into the river until it has been completely neutralized.

All environment problems both underground and at the surface are receiving close attention from the management.

1. INTRODUCTION GEOLOGIQUE

Le gisement d'uranium exploité à Elliot Lake se présente sous forme d'un synclinal étroit, le synclinal du lac Quirke, situé dans une cuvette du complexe de base pré-Huronien, à la limite sud-est (fig. 1).

1. GEOLOGISCHE INLEIDING

De uraniumafzetting die te Elliot wordt ontgonnen, heeft het voorkomen van een smalle synclinale, de synclinale van het Quirke meer, en is op de zuid-oostelijke grens in een kom van het Prehurooncomplex gelegen (fig. 1).

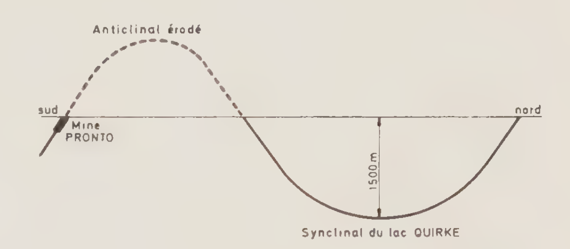


Fig. 1.

Coupe schématique montrant l'allure géologique des terrains aux environs d'Elliot Lake.

Schematische doorsnede van de aardlagen in de omgeving van Elliot Lake.

Anticlinal érodé : geërodeerde anticlinaal.
Synclinal... : synclinale van het Quirke-meer.

Les roches sédimentaires huroniennes reposent sur ce soubassement de diorite et d'andésite et, au contact, on rencontre le conglomérat de cailloux de quartz uranifères. C'est dans ce conglomérat du Mississagi inférieur que l'on trouve les couches les plus riches en uranium.

Les mines de la région sont situées sur les deux flancs du synclinal au voisinage des affleurements, ainsi que le montre la figure 2. Cependant, la structure géologique se prolongeait vers le sud par un anticlinal qui a été érodé, mais on

De sedimentaire Huroongesteenten rusten op deze basis van dioriet en andesiet, en in kontakt daarmee vindt men het konglomeraat van uraniumhoudende kwartskeien. In dit konglomeraat van de Benedenmississagi worden de rijkste uraniumlagen gevonden.

De mijnen van deze streek liggen op beide flanken van de synclinale nabij de dagzomen, zoals figuur 2 toont. De geologische struktuur liep nochtans verder in zuidelijke richting, in de vorm van een geërodeerde anticlinaal; men vindt nog een

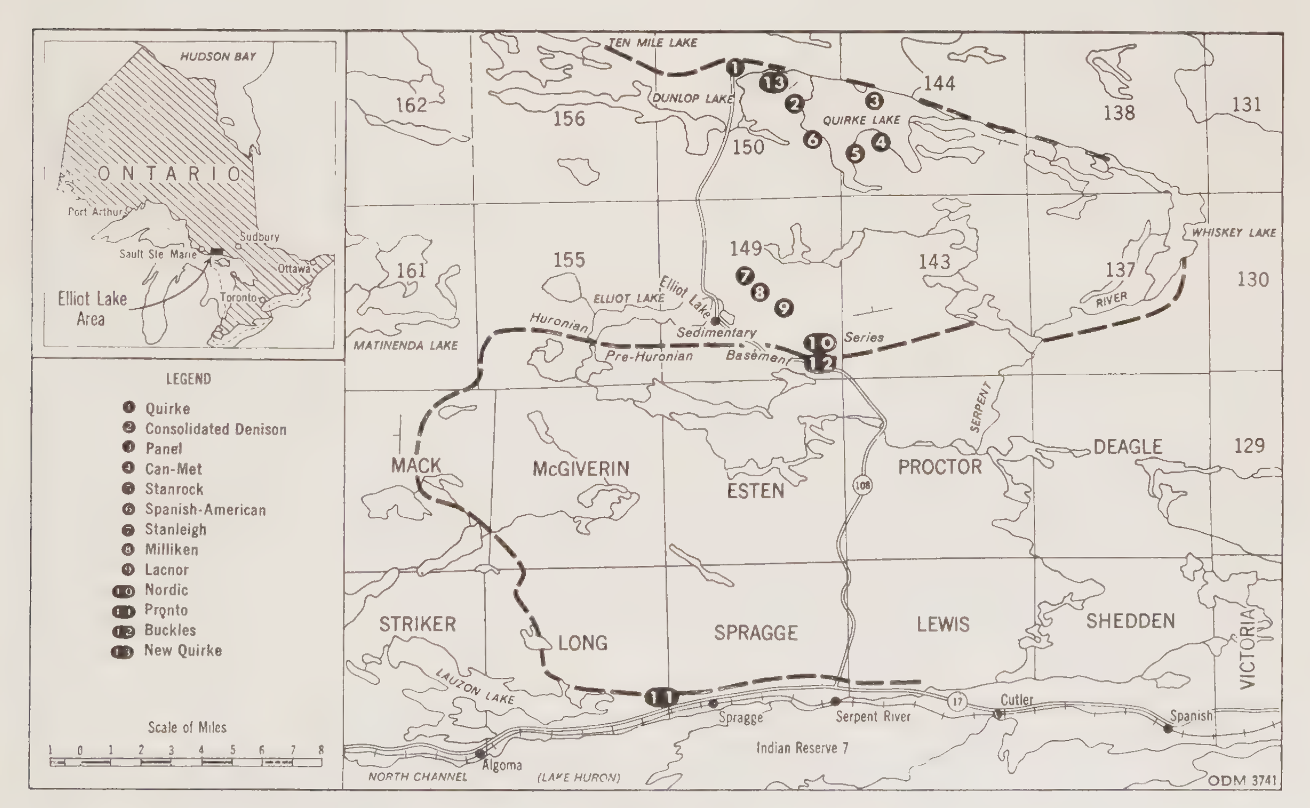


Fig. 2.

Vue en plan montrant les emplacements des différentes mines d'uranium sur les deux flancs du synclinal du lac Quirke. Seule la mine Pronto (n° 11 sur le plan) est située sur le flanc sur de l'anticiclinal (voir fig. 1).

Grondplan met de verschillende uraniummijnen op de twee flanken van de syncline van het Quirke-meer. Enkel de Pronto-mijn (nr. 11 op plan) ligt op de zuidelijke flank van de anticlinaal (zie fig. 1).

retrouve une mine sur le flanc sud de cet anticlinal (n° 11 sur la carte fig. 2), au voisinage de la rive nord du lac Huron.

Toutes ces mines ont été ouvertes dans les années cinquante, mais la plupart d'entre elles ont été fermées au début des années soixante par suite des quantités excessives d'oxyde d'uranium présentées à ce moment sur le marché. Une crise grave en est résultée à cette époque dans la section par suite du retard important dans le développement des centrales nucléaires et du ralentissement dans la fabrication des bombes atomiques.

Le gisement de New Quirke, qui était cependant le plus riche, n'avait pas été mis en exploitation au cours de la première phase parce qu'il était plus difficile d'accès. Mais en 1966, le marché de l'uranium étant plus favorable et devant les perspectives d'établir des contrats à long terme, il fut décidé de le mettre en exploitation.

Les mines actuellement en activité à Elliot Lake sont :

— New Quirke de Rio Algom Mines Ltd;
— Consolidated Denison de la Denison Mines Ltd;
— Stanrock, qui actuellement n'exploite plus que par le procédé de lixiviation.

Les mines de Quirke et de New Quirke sont implantées sur le flanc nord du synclinal du lac Quirke. D'après les sondages de reconnaissance, le fond de ce synclinal a été repéré à 1500 m de profondeur. Dans le gisement de New Quirke, les sondages ont mis en évidence l'existence de 2 reefs ou bancs minéralisés. Le reef A exploité

mijn op de zuidelijke flank van deze anticlinaal (nr. 11 op de kaart van fig. 2), nabij de noordelijke oever van het Huronmeer.

Al deze mijnen werden in de vijftiger jaren geopend doch de meeste werden in het begin van de jaren zestig gesloten wegens een te grote aanvoer van uraniumoxyde op de toenmalige markt. In die tijd ontstond in de sektor een ernstige krisis wegens een belangrijke vertraging in de ontwikkeling van de kerncentrales en een vertraging in de vervaardiging van atoombommen.

De afzetting van New Quirke, nochtans de rijkste, was tijdens deze eerste faze niet in ontginning genomen omdat ze moeilijker te bereiken was. In 1966 werd de markt voor het uranium evenwel beter en met het uitzicht op langlopende kontrakten werd besloten de mijn te ontginnen.

Momenteel zijn volgende mijnen in Elliot Lake aktief :

— New Quirke van de Rio Algom Mines Ltd;
— Consolidated Denison van de Denison Mines Ltd;
— Stanrock, waar nog slechts gewerkt wordt volgens het uitlopingsprocédé.

De mijnen van Quirke en New Quirke liggen in de noordelijke flank van de synclinale van het Quirke meer. Volgens de verkenningsboringen werd de bodem van deze synclinale gesitueerd op 1.500 m. In de afzetting van New Quirke wezen de verkenningen op het bestaan van twee reefs of gemineraliseerde banken : reef A die ontgonnen

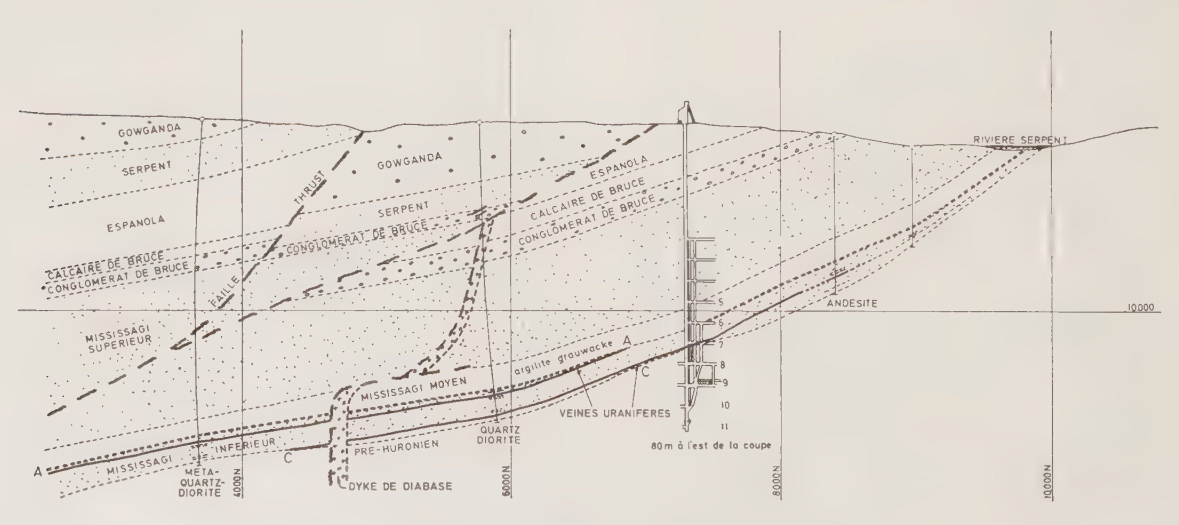


Fig. 3.

Coupe géologique du gisement de la mine New Quirke (Rio Algom Mines Ltd).

Aardkundige doorsnede van de afzetting der mijn van New Quirke (Rio Algom Mines Ltd).

Calcaire de Bruce : Bruce-kalksteen.
Conglomérat de Bruce : Bruce-konglomeraat.
Meta-quartz-diorite : meta-kwarts-dioriet.
Dyke de diabase : diabaseader.
Veines uranifères : uraniumhoudende lagen.
Andésite : andesiet.
80 m à l'est de la coupe : 80 m oostwaarts van de insnijding.

à l'ancienne mine de Quirke et le reef C exploité maintenant à la nouvelle. Les deux reefs se recouvrent partiellement en plan. Il existe plusieurs reefs conglomératiques dans les séquences stratigraphiques voisines des reefs A et C, reliés et séparés par des quartzites feldspathiques. Ces reefs ont des teneurs en uranium trop faibles pour être exploités (fig. 3).

Ceux qui sont exploités, ont une épaisseur de 1,80 à 6 m et dans le gisement de New Quirke l'inclinaison est très régulière et voisine de 23° pied sud. La teneur en uranium du minerai brut est de 0,15 %, soit 1,5 kg/t.

2. ACCES AU GISEMENT

Le fonçage du puits d'extraction de la mine New Quirke a débuté en janvier 1967 et a été terminé au début de 1968. Il a été poussé jusqu'à une profondeur de 700 m. Ce puits a une section rectangulaire de 7 x 4,30 m et il comprend 7 compartiments :

— 2 pour skips;
— 2 pour la cage et son contrepoids;
— 1 pour les échelles;
— 1 pour les câbles électriques;
— 1 pour les tuyauteries d'eau d'exhaure et d'air comprimé.

La cage est à deux paliers pour la descente du personnel et du matériel; elle peut contenir 86 hommes ou 2 berlines de 3,5 m³. Elle est actionnée par un treuil à 2 tambours de 3,60 m de diamètre et équilibrée par un contrepoids. La vitesse de translation est de 10 m/s.

L'extraction du minerai est assurée par 2 skips de 9,5 t. Le treuil est aussi à double tambour de 3,60 m de diamètre et équipé d'un moteur de 1500 cv. La vitesse de translation est ici de 12,5 m/s.

Le puits comporte 7 niveaux de production (2 à 8) distants chacun de 46 m en verticale. Le premier étage n'est qu'un sous-étage du second, du fait de la disparition progressive de la couche et des réserves limitées qui s'y trouvent. L'exploitation est en cours jusqu'au 8ème étage. L'installation de concassage primaire, ainsi que les pompes d'exhaure sont situées au 9ème étage. Un bure reliant les 8ème et 9ème étages constitue le silo accumulateur en tête du concasseur primaire installé au fond.

Les poches doseuses des skips sont situées entre les 9ème et 10ème étages et pour l'extraction les skips descendent jusqu'au 10ème étage. Le fond du puits est situé au niveau du 11ème étage. La mise en exploitation des 9, 10 et 11ème étages se fera ultérieurement après approfondissement du puits.

werd in de oude mijn van Quirke en reef C die nu in de nieuwe mijn wordt geëxploiteerd. Beide reefs liggen gedeeltelijk boven elkaar. Er liggen verschillende konglomeraathoudende reefs in de stratigrafische reeksen nabij de reefs A en C, die met elkaar verbonden en van elkaar gescheiden zijn door veldspaathoudende kwartsbanken. Deze reefs hebben zo lage uraniumgehalten dat ze niet kunnen ontgonnen worden (fig. 3).

De ontgonnen lagen zijn 1,80 tot 6 m dik en in de afzetting van New Quirke is de helling zeer regelmatig en zowat 23° zuidwaarts. Het ruwe erts heeft een uraniumgehalte van 0,15 % of 1,5 kg/t.

2. TOEGANG TOT DE AFZETTING

Met het delven van de ophaalschacht van de mijn New Quirke werd een aanvang gemaakt in januari 1967 en ze werd voltooid begin 1968. Ze heeft een diepte van 700 m. Deze schacht heeft een rechthoekige sektie van 7 × 4,30 m en bestaat uit 7 vakken :

— 2 voor skips;
— 2 voor de liftkooi en haar tegengewicht;
— 1 voor de ladders;
— 1 voor de elektrische kabels;
— 1 voor de bemalings- en de persluchtleiding.

De kooi heeft twee verdiepingen voor het vervoer van personeel en materieel; ze biedt plaats aan 86 mannen of 2 wagens van 3,5 m³. Ze wordt aangedreven door middel van een lier met twee trommels met een doormeter van 3,60 m en wordt door een tegengewicht in evenwicht gehouden. De translatiesnelheid bedraagt 10 m/s.

Voor het ophalen van het erts zorgen 2 skips van 9,5 ton. Ook de lier heeft twee trommels met een doormeter van 3,60 m en is uitgerust met een motor van 1500 pk. De translatiesnelheid bedraagt hier 12,5 m/s.

De schacht telt 7 produktieverdiepingen (2 tot 8) op vertikale afstanden van 46 m. De eerste verdieping is nog slechts een onderverdieping van de tweede, wegens het geleidelijk verdwijnen van de laag en van de beperkte reserves op dit niveau.

De ontginning is bezig tot aan de achtste verdieping. De installatie voor het primaire breken evenals de bemalingspompen staan op de negende verdieping. Een blinde schacht die de achtste met de negende verdieping verbindt, dient als vliegwielbunker boven de ondergrondse primaire breker.

De doseerbunkers van de skips liggen tussen de negende en tiende verdieping; de skips halen de produkten op van de tiende verdieping. De schachtbodem ligt op het niveau van de elfde verdieping. Het ontginnen van de verdiepingen 9, 10 en 11 zal later gebeuren, nadat de schacht afgediept zal zijn.

Deux ventilateurs axiaux de 2,70 m de diamètre soufflent l'air dans la mine par un puits spécial de 7,50 m de diamètre qui atteint le 2ème niveau près de la recoupe du travers-bancs et de la couche à 225 m de profondeur (voir vue en plan fig. 4). Le débit global d'air frais est de 450 m³/s. L'air frais se divise en deux courants qui vont respectivement vers l'est et l'ouest. L'air vicié est aspiré par 3 ventilateurs situés en tête de plusieurs puits répartis dans le gisement. Ces puits ont une profondeur de 225 et 290 m. Cependant, une partie de l'air frais remonte directement par le puits d'extraction et 13 m³/s sont dirigés vers le tunnel situé à 50 m de profondeur par où les produits sont acheminés vers l'installation de préparation mécanique. Cette ventilation abondante est nécessaire pour éliminer le gaz radon et les gaz associés qui se dégagent du minerai lors de son transport et dans les chantiers d'exploitation.

Il est à noter qu'il faut fournir 5,5 t d'air frais par tonne de produits extraits (minerai ou stériles).

Tous les anciens travaux sont fermés par des dames étanches et l'air est amené aux chantiers par la voie la plus directe.

L'hiver, l'air est réchauffé dans des échangeurs chauffés eux-mêmes par des brûleurs au propane.

Les eaux d'exhaure qui sont riches en produits radio-actifs ne peuvent être rejetées à la rivière. Elles passent dans l'installation d'enrichissement

Twee axiale ventilatoren met een doormeter van 2,70 m brengen de lucht in de mijn langs een speciale schacht met een doormeter van 7,50 m die tot de tweede verdieping komt, en wel dicht bij het snijpunt van de dwarssteengang en de laag op een diepte van 225 m (zie grondplan fig. 4). Het totale debiet verse lucht bedraagt 450 m³/s. De frisse lucht wordt in twee stromen gesplitst die respektievelijk oost- en westwaarts gaan. De gebruikte lucht wordt aangezogen door 3 ventilatoren die staan aan de top van verschillende schachten die over de afzetting verspreid staan. Deze schachten zijn 225 tot 290 m diep. Een hoeveelheid verse lucht stijgt evenwel rechtstreeks op langs de ophaalschacht en 13 m³/s gaan naar de tunnel op 50 m diepte waarlangs de produkten naar de mechanische bereiding gebracht worden. Deze overvloedige luchtverversing is nodig voor de verwijdering van radongas en aanverwante gassen die uit het erts ontsnappen tijdens het vervoer en in de winplaatsen.

Men moet 5,5 t verse lucht leveren per ton opgehaald produkt (erts of gangsteen).

Al de oude werkplaatsen zijn afgesloten met dichte dammen en de lucht wordt langs de kortste weg naar de werkplaatsen geleid.

In de winter wordt de lucht verwarmd in warmtewisselaars die gestookt worden met propaangas.

Het bemalingswater dat veel radioaktieve produkten bevat, kan niet in de rivier geloosd worden. Samen met de vaste produkten gaat dit water

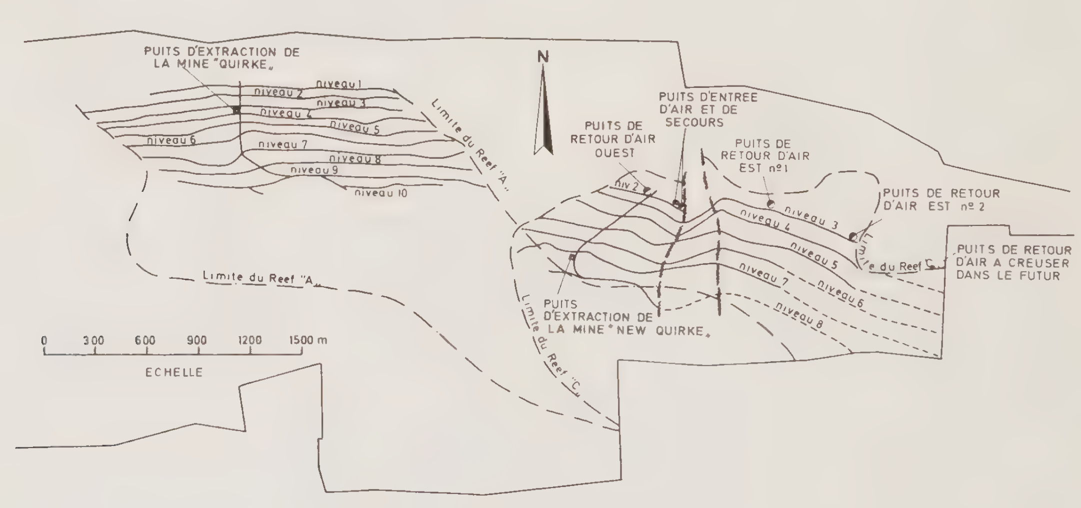


Fig. 4.

Vue en plan des mines New Quirke et Quirke. Position du puits d'extraction et des puits de ventilation ainsi que des chassages dans le « Reef C » aux différents niveaux (Rio Algom Mines Ltd).

Grondplan van de mijnen van New Quirke en Quirke. Ligging van de ophaalschacht en van de luchtschachten alsook van de richtgalerijen in de « Reef C » op de verschillende verdiepingen (Rio Algom Mines Ltd).

Puits d'extraction de la mine Quirke/New Quirke : ophaalschacht van de mijn « Quirke/New Quirke ».
Niveau 1, 2, ... : verdieping 1, 2, 3, ...
Limite du Reef : grens van de reef.
Puits de retour d'air ouest/est n° 1-2 : luchtkeerschacht west/oost nr. 1-2.
Puits d'entrée d'air et de secours : luchttoevoerschacht en noodschacht.
Puits de retour d'air à creuser dans le futur : eerlang te delven luchtkeerschacht.

avec les produits solides pour en retirer l'uranium qu'elles contiennent.

naar de aanrijkingsinstallaties waar het uranium eruit gehaald wordt.

3. METHODE D'EXPLOITATION

Le gisement se présentant sous forme d'une couche inclinée à 23° est découpé horizontalement par une série de niveaux d'exploitation distants de 46 m en verticale. Partant du puits principal d'extraction, des travers-bancs recoupent le banc minéralisé ou reef et, à partir de ce point, la pénétration dans la couche se fait par des voies de niveau qui suivent les variations de pente du plan de couche. Les niveaux découpent ainsi des panneaux de 120 m de largeur suivant la pente. Cependant, l'évacuation des produits et leur transport vers le puits se fait par des galeries au rocher situées à 9 m au mur des précédentes, ainsi qu'on peut le voir sur la coupe (fig. 5).

3. ONTGINNINGSMETODE

De afzetting die bestaat uit een laag met een helling van 23°, wordt in horizontale schijven gesneden door een reeks ontginningsniveaus die op een vertikale afstand van 46 m liggen. Vanuit de hoofdophaalschacht zijn er dwarssteengangen die de gemineraliseerde bank of reef aansnijden en van daar uit dringt men in de laag langs horizontale galerijen die de veranderingen in de helling van de laag volgen. Op die manier snijden de verdiepingen panelen uit die volgens de helling gemeten een breedte hebben van 120 m. Het afvoeren van de produkten en het vervoer naar de schachten gebeurt evenwel langs steengangen die 9 m onder de vorige in de vloer aangelegd zijn,

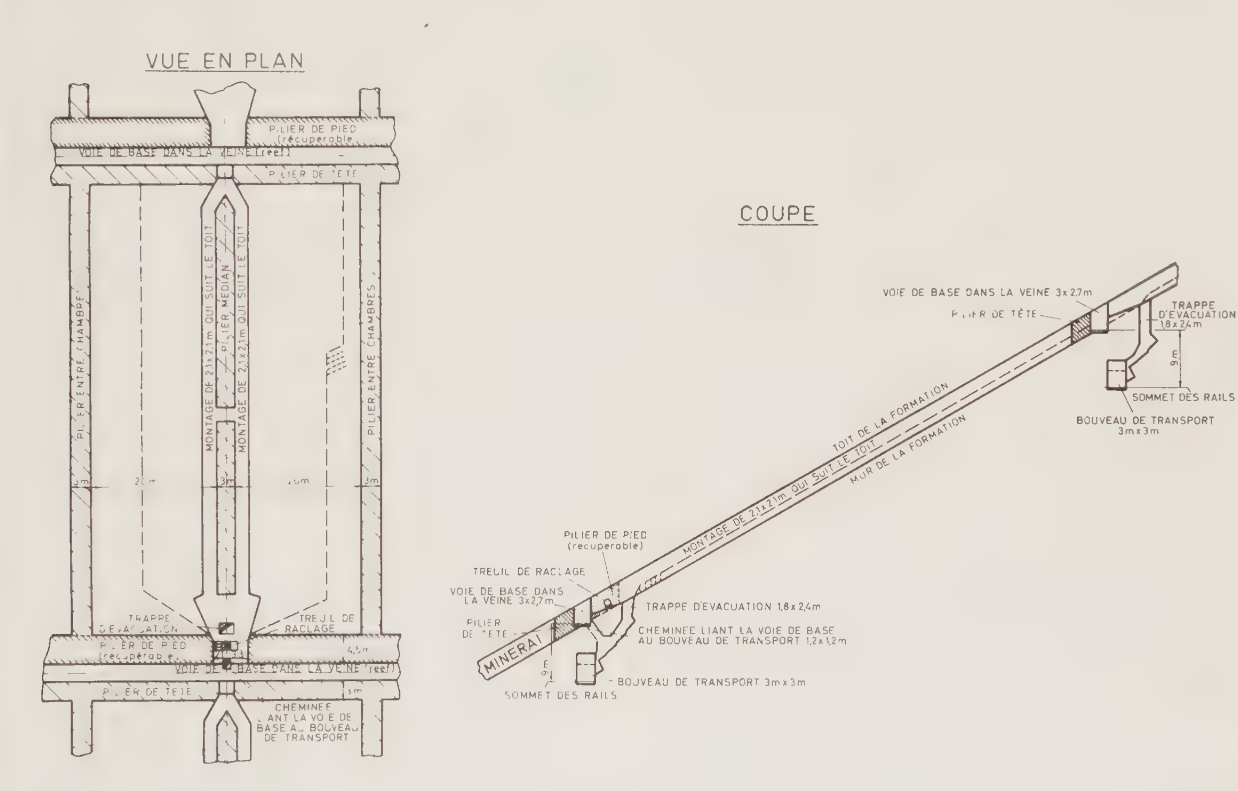


Fig. 5.

Vue en plan et en coupe d'une chambre d'exploitation.

Grondplan en doorsnede van een ontginningskamer.

Vue en plan : grondplan.

Pilier de pied (récupérable) : voetpijler (rekupereerbaar).
Voie de base dans la veine : voetgalerij in de laag (reef).
Pilier de tête : koppijler.
Pilier entre chambres : pijler tussen kamers.
Montage de 2,1 × 2,1 m qui suit le toit : doortocht van 2,1 × 2,1 m langs het dak.
Pilier médian : middenpijler.
Trappe d'évacuation : afvoerluik.
Treuil de raclage : schraaplier.
Cheminée liant ... : schouw die de voetgalerij met de vervoergang verbindt.

Coupe : doorsnede

Voie de base dans la veine : voetgalerij in de laag.
Pilier de tête : koppijler.
Trappe d'évacuation : afvoerluik.
Sommet des rails : top van de rails.
Bouveau de transport : vervoergalerij.
Toit/mur de la formation : dak/vloer van de formatie.
Pilier de pied (récupérable) : voetpijler (rekupereerbaar).
Treuil de raclage : schraaplier.
Pilier de tête : koppijler.
Minerai : erts.
Cheminée liant ... : schouw die de voetgalerij met de vervoergang verbindt.

Ces galeries ont une section de 3 sur 3 m et sont équipées de rails de 32 kg au mètre.

Les deux réseaux de galerie sont reliés de distance en distance par de courtes cheminées qui permettent d'évacuer les produits du traçage en veine par le bouveau au mur. L'exploitation d'un panneau se fait de la manière suivante :

1) Deux montages parallèles distants de 3 m relient la voie de base à la voie de tête (vues en coupe et en plan, fig. 5). Les montages de 120 m de longueur ont une section de 2,10 sur 2,10 m et sont séparés par un pilier de 3 m de largeur. De distance en distance, ce pilier est percé pour établir un circuit d'aérage. Le montage est creusé au contact du toit de la formation minéralisée. Les produits transportés par racleurs sont évacués par une courte cheminée vers le bouveau de déblocage sous-jacent. Après percement du montage, on fore des trous au mur pour déterminer l'épaisseur exacte du reef et ainsi l'épaisseur du banc de mur à enlever par après.

2) Partant de chacun des montages, la chambre est élargie progressivement par tranches de 1,50 m jusqu'à atteindre la largeur totale de 20 m.

3) Des sondages carottés sont exécutés dans le mur de ces chambres pour déterminer l'épaisseur exacte de la formation riche en minerai. On adopte pour ces sondages le schéma représenté à la vue en plan (fig. 6). Les trous sont distants de 15 m suivant la pente et 7,50 m suivant la direction.

4) On abat ensuite le banc de mur, ainsi repéré, par des trous de mine forés vers le bas à partir de la chambre initiale. Celle-ci, qui n'avait que 2,10 m de hauteur, peut ainsi atteindre 6 à 7 m suivant l'épaisseur de la formation. Vu la largeur de la chambre, le raclage est assuré par un treuil à 3 tambours. Les produits abattus sont abondamment arrosés pour lutter contre les poussières radio-actives.

5) Un tel chantier est séparé du chantier analogue voisin par un pilier de 3 m également. On progresse ainsi dans le gisement en exploitant par longues chambres séparées par de longs piliers étroits. Des portées de 20 m sont possibles avec boulonnage, du fait que le toit est constitué d'un solide conglomérat. Les boulons ont 1,20 m à 2,40 m de longueur. Ils sont disposés à 1,50 m d'intervalle. Cette méthode permet un taux de défruitage de 85 %.

zoals men kan zien op de doorsnede (fig. 5). Deze galerijen hebben een doorsnede van 3 × 3 m en zijn uitgerust met sporen van 32 kg per strekkende meter.

Beide netten van galerijen zijn op regelmatige afstanden verbonden door korte schouwen waarlangs de produkten uit werkplaatsen in de laag kunnen afgevoerd worden naar de steengang in de vloer. Een paneel wordt als volgt ontgonnen.

1) Twee evenwijdige doortochten op een onderlinge afstand van 3 m verbinden de kopgalerij met de voetgalerij (zie grondplan en doorsnede, fig. 5). Deze doortochten zijn 120 m lang en hebben een sektie van 2,10 × 2,10 m; ze zijn van elkaar gescheiden door een drie meter dikke pijler. Op regelmatige afstanden wordt deze pijler doorgestoken zodat een luchtkring ontstaat. Deze doortocht wordt tegen het dak van de gemineraliseerde formatie aangelegd. De produkten worden weggevoerd met een schraper en geëvacueerd langs een korte schouw naar het lagerliggende afvoernet. Zodra de doortocht doorgestoken is, boort men in de vloer gaten om de juiste dikte van de reef te bepalen en zodoende ook de dikte van de bank die tegen de vloer moet ontgonnen worden.

2) Vertrekkend van uit elk der doortochten, wordt de kamer geleidelijk verbreed door middel van sneden van telkens 1,50 m om zo te komen tot een totale breedte van 20 m.

3) Van uit de vloer van deze kamers worden kernboringen gemaakt om de juiste dikte van de gemineraliseerde afzetting te bepalen. Deze boringen verlopen volgens het schema, voorgesteld in het grondplan van figuur 6. De afstand tussen de gaten bedraagt 15 m volgens de helling en 7,50 m volgens de richting.

4) Vervolgens ontgint men de alzo verkende vloer door middel van mijnen die van uit de eerste kamer naar beneden worden geboord. Deze kamer, die slechts 2,10 m hoog is, kan op die manier 6 tot 7 m worden volgens de dikte van de formatie. Gezien de breedte van de kamer wordt geschraapt met een lier met drie trommels. De gewonnen produkten worden overvloedig besproeid als bestrijding van het radioaktieve stof.

5) Een soortgelijke werkplaats wordt van een andere naastgelegen werkplaats gescheiden door een pijler die eveneens 3 m breed is. Zo gaat men vooruit in de afzetting : men ontgint lange kamers die gescheiden worden door lange smalle pijlers. Een draagwijdte van 20 m is mogelijk met behulp van verankering, omdat het dak bestaat uit een stevig konglomeraat. De ankerbouten hebben een lengte van 1,20 tot 2,40 m. Ze staan 1,50 m van elkaar. Met deze metode wordt een nutsfaktor van 85 % bereikt.

6) Le long des galeries, on abandonne deux types de piliers appelés respectivement :

— « sill pillar » en bordure de la voie de base de 4,50 m de largeur. Ces piliers sont récupérables en retraitant de l'extrémité du chassage vers le puits. Le minerai est torpillé par tir à l'explosif puis raclé;

6) Langs de galerijen blijven pijlers staan van twee verschillende soorten die men respektievelijk heet :

— « sill pillar » : naast de voetgalerij en met een breedte van 4,50 m; deze pijlers worden gerekupereerd wanneer men terugtrekt van het einde van de gang naar de schacht; het erts wordt geschoten met springstof en dan geschraapt;

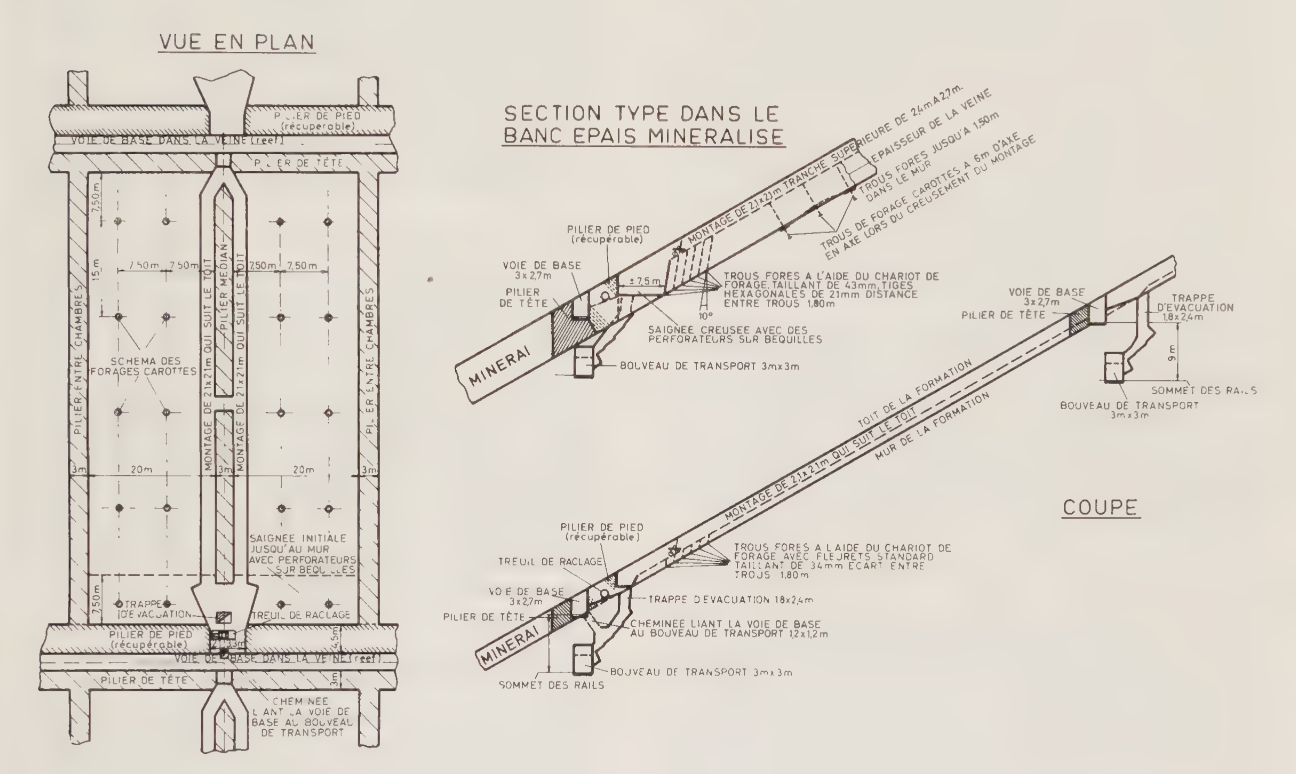


Fig. 6.

Schéma des sondages de reconnaissance pour déterminer l'épaisseur exacte du « Reef » et exploitation du banc de mur (les deux coupes mettent en évidence l'épaisseur variable du Reef).

Schema van de verkenningsboringen tot bepaling van de juiste dikte van de « Reef » en tot ontginning van de vloerbank (de twee doorsneden tonen aan hoe veranderlijke de dikte van de reef is).

Vue en plan : grondplan

Pilier de pied (récupérable) : voetpijler (rekupereerbaar).
Voie de base dans la veine : voetgalerij in de laag (reef).
Pilier de tête : koppijler.
Pilier entre chambres : pijler tussen kamers.
Schéma des forages carottés : schema van de kernboringen.
Montage de 2,1 × 2,1 m qui suit le toit : doortocht van 2,1 × 2,1 m langs het dak.
Pilier médian : middenpijler.
Saignée initiale ... : aanvankelijke inkerving tot aan de vloer met kamers op boorknechten.
Trappe d'évacuation : afvoerluik.
Treuil de raclage : schraaplier.
Cheminée liant ... : schouw die de voetgalerij met de vervoergang verbindt.

Section type dans le banc épais minéralisé : typedoorsnede in de dikke ertsbank.

Minerai : erts.
Voie de base : voetgalerij.
Pilier de pied : voetpijler.
Montage de 2,1 × 2,1 m : doortocht van 2,1 × 2,1 m.
Tranche supérieure de 2,4 à 2,7 m : bovenschijf van 2,4 tot 2,7 m.
Epaisseur de la veine : dikte van de laag.
Trous forés jusqu'à ... : tot 1,50 m in de vloer geboorde gaten.
Trous de forage carottés ... : kernboringen op een asafstand van 6 m bij het drijven van de doortocht.
Trous forés à l'aide de ... : met de boorwagen geboorde gaten : boorkop van 43 mm en zeshoekige stangen van 21 mm. Afstand tussen de gaten : 1,80 m.
Saignée creusée... : snede die met hamers op boorknechten werd gedreven.
Bourreau de transport : vervoergalerij.

Coupe : doorsnede.

Voie de base dans la veine : voetgalerij in de laag.
Pilier de tête : koppijler.
Trappe d'évacuation : afvoerluik.
Sommet des rails : top van de rails.
Bouveau de transport : vervoergalerij.
Toit/mur de la formation : dak/vloer van de formatie.
Pilier de pied (récupérable) : voetpijler (rekupereerbaar).
Treuil de raclage : schraaplier.
Pilier de tête : koppijler.
Minerai : erts.
Cheminée liant ... : schouw die de voetgalerij met de vervoergang verbindt.

— « crown pillar » de 3 m de largeur en bordure de la voie de tête. Ces piliers sont abandonnés.

7) Des mesures de radio-activité sont faites régulièrement tout le long des montages pour connaître la teneur en uranium. Pour faciliter la tâche des mesureurs, les compteurs s'arrêtent lorsqu'un nombre prédéterminé de scintillations est atteint. On chronomètre le temps nécessaire pour les obtenir. De là, on peut en déduire la teneur avec suffisamment de précision.

8) Les tirs ont lieu pendant une période de 4 h entre les deux postes productifs de la journée pour éliminer convenablement les fumées avant le retour du personnel. La lutte contre les poussières à la source est assurée par un forage à l'eau et par un arrosage abondant des produits après le tir. De plus, une pulvérisation abondante est maintenue en permanence pendant le raclage.
La lutte contre les poussières doit être menée d'une façon très active, car on a constaté que le radon était plus particulièrement adsorbé par les fines particules de poussières. Il faut donc éviter leur inhalation, non seulement pour lutter contre la silicose, mais aussi pour se prémunir des lésions aux poumons par des produits radio-actifs.

4. TRANSPORT AU FOND

Dans les chambres d'exploitation, les produits sont amenés par un racleur de 1,50 m de largeur, animé d'un mouvement de va-et-vient jusqu'en tête de la petite cheminée de liaison entre les niveaux. Le treuil est à 3 tambours pour permettre au racloir de battre toute la largeur de la chambre. Il est équipé d'un moteur électrique de 50 cv. Le câble tracteur a un diamètre de 18 mm et le câble de retour de 15 mm (fig. 7).

— « crown pillar » : 3 m breed en langs de kopgalerij; deze pijlers worden achtergelaten.

7) Over heel de lengte van de doortochten worden regelmatig metingen van de radioaktiviteit verricht waarmee het uraniumgehalte bepaald wordt. Om de taak van de meters te vergemakkelijken, werden tellers gemaakt die stilvallen wanneer een bepaald aantal trillingen bereikt wordt. De tijd die nodig is om dat getal te bekomen, wordt gekronometreerd. Van dit gegeven uit kan het gehalte voldoende nauwkeurig berekend worden.

8) Het springwerk gebeurt gedurende een periode van 4 uur tussen de twee produktiediensten van elke dag; op die manier kan de rook behoorlijk wegtrekken vooraleer het personeel terugkeert.

Het stof wordt bij de bron bestreden door nat boren en een overvloedige besproeiing van de produkten na het schieten. Daarenboven wordt overvloedig en permanent water verstoven zolang er geschraapt wordt.

De stofbestrijding moet zeer aktief gevoerd worden want men heeft ondervonden dat het radon speciaal opgeslorpt wordt door de fijne stofdeeltjes. Ze mogen dus niet ingeademd worden, niet alleen wegens het gevaar voor silicosis maar ook omdat de longen moeten beschermd worden tegen letsels door radio-aktieve stoffen.

4. ONDERGRONDS VERVOER

In de ontginningskamers worden de produkten aangebracht met behulp van een schraper met een breedte van 1,50 m die heen en weer bewogen wordt tot aan de kop van de kleine verbindingsschouw tussen de verdiepingen. De lier heeft drie trommels zodat de schraper heel de breedte van de kamer kan bestrijken. Hij bevat een elektrische motor van 50 pk. De trekkabel heeft een doormeter van 18 mm en de tegenkabel van 15 mm (fig. 7).

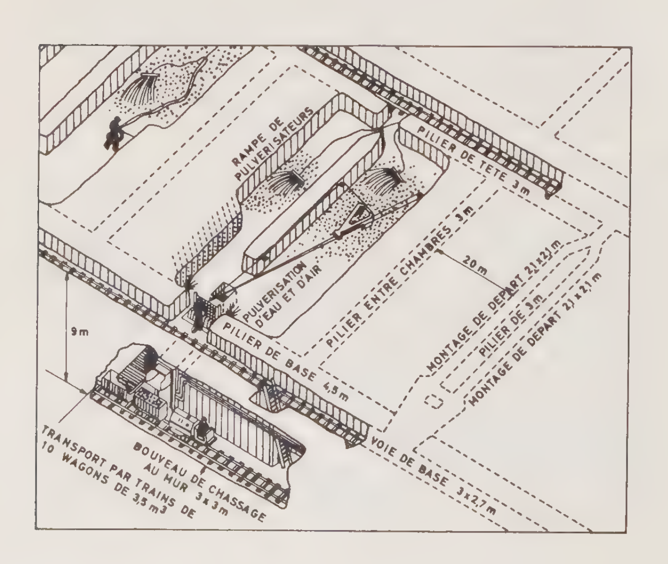


Fig. 7.

Vue schématique des chantiers d'exploitation.
Schema van de ontginningskamers.

Rampe de pulvérisateurs : sproeibaan.
Pilier de tête : koppijler.
Pilier de base : voetpijler.
Pulvérisation d'eau et d'air : water- en luchtverstuiving.
Pilier entre chambres : pijler tussen kamers.
Montage de départ : vertrekdoortocht.
Bouveau de chassage au mur : richtsteengang in de vloer.
Transport par ... : vervoer per trein van 10 wagons van 3,5 m^3.

A chaque niveau d'extraction, la liaison entre le bouveau de chassage au mur et la voie de niveau dans le reef, située 9 m plus haut, est assurée par un plan incliné à 19°. Le transport principal se fait dans les bouveaux de chassage au mur, équipé de rails de 32 kg au mètre. Les trains, tractés par des locomotives Diesel ou électriques, comportent 10 à 12 berlines de 4 m^3 à déversement latéral. Les produits sont culbutés dans des cheminées à minerai ou à stériles suivant les cas. Au 9ème étage, à la base de la cheminée à minerai qui fait office de silo tampon, se trouve le concasseur primaire. Il s'agit d'un puissant concasseur à mâchoires dont l'ouverture est de 100 mm.

Les produits tombent dans un autre silo sous-jacent qui alimente les poches doseuses des skips.

La mine peut extraire 7000 t/jour du 10ème niveau, ce qui donne approximativement 6300 t de minerai et 700 t de stériles. Cette production est traitée à raison de 4500 t/jour dans l'installation de préparation qui elle, travaille 7 jours par semaine. L'ensemble du complexe des mines de Rio Algom à Elliot Lake occupe 800 personnes, dont 330 dans les travaux souterrains de New Quirke. Le rendement fond est de 20 t/Hp et celui fond-surface de 10 t/Hp.

Des essais sont en cours en vue d'améliorer la productivité des travaux souterrains. On essaye actuellement des jumbos de forage et des engins automoteurs sur pneus. Il est utile de signaler à ce sujet les essais entrepris récemment à la mine « Consolidated Denison », voisine de New Quirke, quand la pente du gisement est comprise entre 12 et 38°.

5. METHODE PAR LONGS TROUS DE LA « CONSOLIDATED DENISON »

Cette méthode, actuellement à l'essai, a pour objectif de mécaniser davantage les opérations d'abattage. Elle consiste à tracer des voies de niveaux en veine laissant entre elles un massif de 15 m de minerai (fig. 8). On creuse ensuite des montages de 2,40 × 2,40 m d'un traçage à l'autre et à 25 m d'axe en axe. Ces montages sont creusés à l'aide de marteaux perforateurs sur béquilles. Si le reef a plus de 2,40 m d'épaisseur, on enlève la planche au mur par longs trous forés à partir de la voie de base parallèlement au mur.

Le dépilage d'un bloc de 15 m de largeur entre voies se fait par longs trous de mines, forés également à partir de la voie de base. On met actuellement au point une plate-forme de forage, mobile, extensible et rabattable, avec supports en

Op iedere ophaalverdieping bestaat de verbinding tussen de richtsteengang in de vloer en de niveaugalerij in de reef, 9 m hoger, uit een hellend vlak van 19°. Het hoofdvervoer gebeurt in de richtsteengang in de vloer die met sporen van 32 kg/m is uitgerust. De treinen worden getrokken door elektrische of dieseltreinen en bevatten 10 tot 12 zijkippers van 4 m^3. De produkten worden naargelang van het geval gekipt in schouwen voor erts of gangsteen. Op de negende verdieping, aan de voet van de ertsschouw die als vliegwielbunker dienst doet, staat de primaire breker. Het betreft een sterke kaakbreker met een opening van 100 mm.

De produkten vallen in een andere, lagergelegen bunker die de meetbunkers van de skips vult.

De mijn kan per dag 7.000 t ophalen van de tiende verdieping, hetgeen ongeveer neerkomt op 6.300 t erts en 700 t gangsteen. Deze produktie wordt verwerkt in de voorbereidingsinstallatie, die een kapaciteit heeft van 4.600 t per dag en 7 dagen per week werkt. Heel het mijncomplex van de Rio Algom Mijnen in Elliot Lake stelt 800 personen te werk, waarvan 330 in de ondergrond van New Quirke. In de ondergrond bedraagt het rendement 20 t/Md en voor onder- en bovengrond samen 10 t/Md.

Men is bezig met proeven voor de verbetering van de produktiviteit ondergronds. Men beproeft momenteel boorjumbo's en automobielen op luchtbanden. Belangrijk hierbij zijn de proeven die onlangs gedaan werden in de mijn « Consolidated Denison », naast die van New Quirke, waar de afzetting een helling heeft tussen 12 en 38°.

5. METODE MET LANGE MIJNEN VAN DE « CONSOLIDATED DENISON »

Met deze metode, die momenteel beproefd wordt, beoogt men de winarbeid verder te mechaniseren. Ze bestaat uit het drijven van niveaugalerijen in de laag, met een tussenmassief van 15 m erts (fig. 8). Vervolgens legt men de doortochten aan, met een doorsnede van 2,40 × 2,40 m van de éne galerij tot de andere en op een asafstand van 25 m. Deze doortochten worden gemaakt met behulp van boorhamers op boorknechten. Zo de reef dikker is dan 2,40 m, wordt de schijf tegen de vloer weggenomen door middel van lange mijnen die van uit de voetgalerij evenwijdig met de vloer geboord worden.

Het ontginnen van een 15 m breed blok tussen de galerijen gebeurt door middel van lange mijnen, eveneens geboord van uit de voetgalerij. Op dit ogenblik wordt gewerkt aan een beweegbaar, uittrekbaar en inklapbaar boorplatform op schaar-

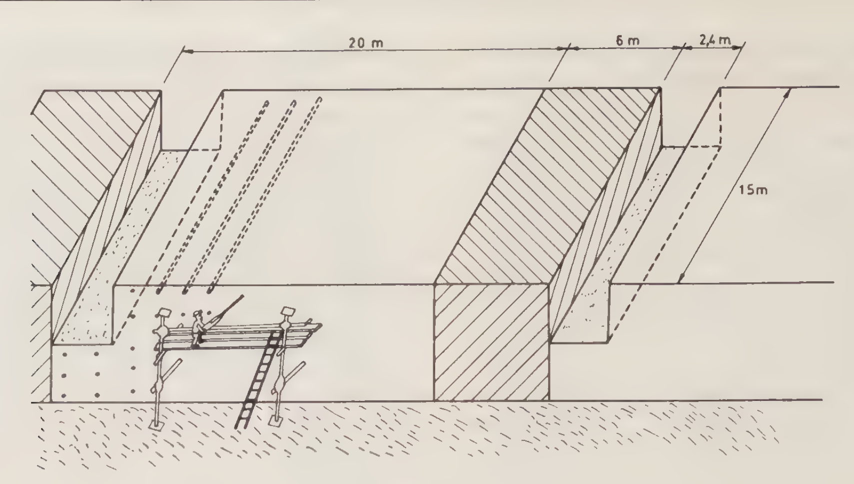


Fig. 8.
Méthode d'exploitation par « longs trous » de la mine « Consolidated Denison ».
Ontginningsmetode met « lange mijnen » van de « Consolidated Denison »-mijn.

forme de ciseaux. On dépile ainsi un bloc de 20 m et on abandonne un pilier de 6 m (soit 20 x 15 x épaisseur du reef).

L'évacuation dans la chambre est assurée par scraper et le chargement au pied se fait par chargeuse à benne frontale. Par cette méthode, on envisage d'atteindre des rendements de 95 t par homme et par poste occupé au chantier.

6. INSTALLATION DE PREPARATION MECANIQUE

Le minerai extrait est acheminé vers l'installation de préparation et d'enrichissement par une ligne de chemin de fer électrifiée de 2,1 km de longueur. Les wagons ont une capacité de 8 m^3 et sont équipés d'un dispositif de vidage par le fond. Les rames sont tractées par des locomotives à trolley de 37 t. La ligne a été mise en service en 1969 et a un débit de 500 t/h.

A la station de Quirke, les wagons déversent leur contenu dans un silo de 300 t d'où ils sont repris à la base par un extracteur et transportés par un convoyeur à courroie en tête de l'installation de préparation et d'enrichissement qui débute par un silo de 600 t.

Cette installation comprend (fig. 9) :

1) Un électro-aimant pour enlever les pièces métalliques incluses dans le brut;
2) Un premier criblage à 12,5 mm;
3) Le concassage secondaire. Celui-ci est exécuté par 3 concasseurs giratoires à cône qui ramènent la granulométrie des produits de 100 à 12,5 mm (pour rappel, le concassage primaire a lieu au fond) (3 sur le schéma, fig. 9);
4) Un silo intermédiaire d'une capacité de 10.000 t;

vormige steunpunten. Zo ontgint men een blok van 20 m en laat men een pijler van 6 m staan (dit komt neer op 20 × 15 × dikte van de reef).

In de kamer gebeurt het vervoer met een schraper en aan de voet wordt geladen met een laadschop met vooremmer. Met deze metode wil men een rendement bereiken van 95 ton per man en per dienst in de werkplaats.

6. INSTALLATIES VOOR MECHANISCHE BEREIDING

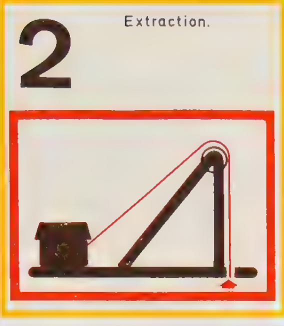
Het erts wordt naar de bereidings- en aanrijkingsinstallatie gevoerd langs een geëlektrificeerde spoorlijn met een lengte van 2,1 km. De wagens hebben een inhoud van 8 m^3 en lossen langs onder. De treinen worden getrokken door trolleylokomotieven van 37 t. De lijn werd in 1969 in gebruik genomen en heeft een debiet van 500 t/u.

Bij het station van Quirke lossen de wagons hun inhoud in een bunker van 300 t; aan de voet daarvan worden de produkten opgenomen door een extractor en langs een transportband gebracht tot aan de kop van de bereidings- en aanrijkingsinstallatie die begint met een bunker van 600 t.

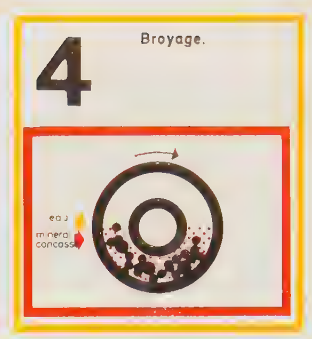
Deze inst!latie bestaat uit de hierna aangegeven elementen (fig. 9).

1) Een elektromagneet die metalen stukken uit het ruwe erts haalt.
2) Een eerste zeef van 12,5 mm.
3) Een secundaire breker. Deze bestaat uit drie draaiende kegelbrekers waarin de korrelgrootte van de produkten wordt verminderd van 100 tot 12,5 mm (we herinneren eraan dat de primaire breking in de ondergrond gebeurt); (3 op het schema van fig. 9).
4) Een tussenbunker met een kapaciteit van 10.000 t.



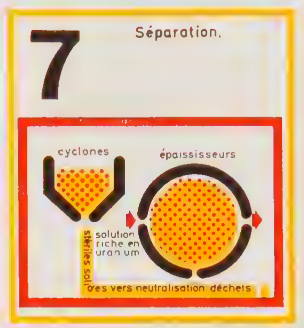


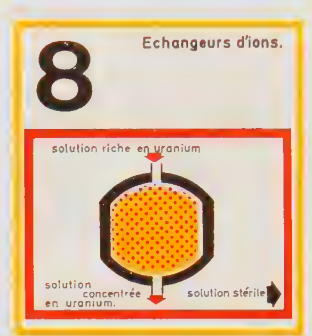


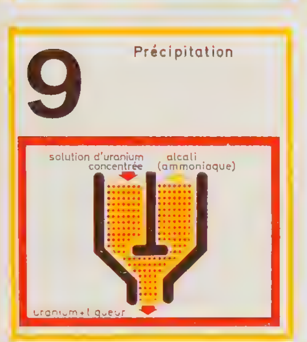




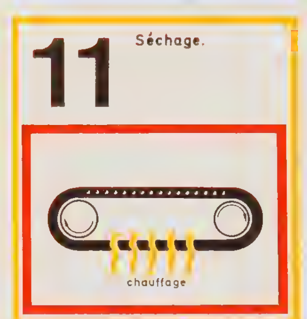
















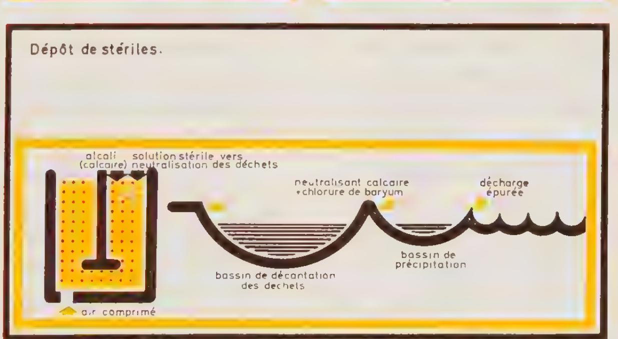


Fig. 9.

Schéma de l'installation de préparation et d'enrichissement du minera d'uranium à Quirke (Rio Algom Mines Ltd).

Schema van de installatie voor het bereiden en het aanrijken van het uraniumerts in Quirke (Rio Algom Mines Ltd).

1. *Primaire breking in de ondergrond*
   Kaakbreker
2. *Extraktie*
3. *Secundaire kegelbreking*
4. *Verbrijzeling*
   water
   gebroken erts
5. *Uitloging*
   zwavelzuur
   stroom/gebroken erts
   perslucht
6. *Gedeeltelijke neutralisering*
   gebroken erts *alkali (kalksteen)*
7. *Afscheiding*
   cyclonen *indikkers*
   uraniumrijke oplossing
   vaste gangsteen naar neutralisering afval
8. *Ionenwisselaars*
   Uraniumrijke oplossing
   Gekoncentreerde uraniumoplossing
   Oplossing met steriel gesteente
9. *Bezinking*
   Gekoncentreerde uraniumoplossing
   Alkali (amoniak)
   Uranium + vloeistof
10. *Filtrering*
   Vochtig uranium
   Vloeistof
11. *Droging*
   Verwarming
12. *Verpakking*
13. *Verzakking*

Opslag van de afval
   Alkali (kalksteen)
   Oplossing met steriel gesteente naar de neutralisering van de afval
   Perslucht
   Neutraliseert door kalksteen + bariumchloride
   Bekken voor het bezinken van de afval
   Precipitatiebekken
   Gezuiverd overlopend water.

5) Une installation de broyage constituée par 2 broyeurs humides à barreaux et 4 broyeurs à boulets. Les produits sortent de ces broyeurs à l'état de sable fin. Des classificateurs à vis hélicoïdale permettent d'isoler les produits qui n'ont pas la granulométrie voulue pour les ramener en tête de l'installation des broyeurs (4);
6) Des épaississeurs pour la neutralisation des produits;
7) Des réservoirs pour la lixiviation. La pulpe qui sort des épaississeurs est pompée dans des réservoirs de 15 m de hauteur et 7 m de diamètre où se fait l'opération de lixiviation. Celle-ci est intermittente. Quand le réservoir est rempli de pulpe, on y introduit une solution à 5 % d'acide sulfurique, chauffée à la vapeur pour dissoudre le métal contenu. L'agitation est maintenue dans la cuve par de l'air comprimé injecté à la base (5);
8) Des cuves de neutralisation. La pulpe lixiviée est partiellement neutralisée par du calcaire (6);
9) Des cyclones et des épaississeurs. La solution riche en uranium est séparée des particules solides stériles d'abord dans des cyclones garnis intérieurement de caoutchouc, puis dans de grands épaississeurs à contre-courant (7);
10) Des échangeurs d'ions. La solution riche en uranium clarifiée est introduite dans des colonnes cylindriques à échangeurs d'ions. Ces colonnes contiennent une résine spéciale qui extrait l'uranium de la solution d'acide sulfurique par adsorption. L'uranium concentré dans la résine est déplacé par une faible quantité d'acide nitrique dilué. Il sort de ces colonnes deux solutions, l'une contenant les stériles, puis l'autre l'uranium concentré (8);
11) Des précipitateurs. A la solution riche en uranium, on ajoute des alcalis (du calcaire et de l'ammoniaque) qui provoquent la précipitation de l'uranium et des autres métaux. Les impuretés sont séparées de la solution (9);
12) Des filtres. Le précipité est extrait de la solution au moyen de filtres à vide. Le gâteau collé au filtre est du diuranate d'ammonium d'une magnifique teinte jaune brillante. La solution liquide qui passe à travers les filtres est réintroduite dans les colonnes à échangeurs d'ions (10);
13) Des sécheurs. Le coke de diuranate d'ammonium est séché sur un convoyeur métallique perforé qui passe au-dessus de brûleurs à propane (11);

5) Een maalinrichting bestaande uit 2 natte staafbrekers en 4 kogelbrekers. Uit deze brekers komen de produkten in de vorm van fijn zand. Met behulp van klasseermachines met spiraalvormige schroef worden de produkten, die niet de gewenste afmeting hebben, afgezonderd en teruggevoerd naar de top van de breekinrichting (4).
6) Indikkers voor het neutraliseren van de produkten.
7) Reservoirs voor de uitloging. De pulp uit de indikkers wordt in reservoirs met een hoogte van 15 m en een doormeter van 7 m gepompt waar de uitloging plaats vindt. Deze werkt onderbroken. Wanneer een reservoir vol is, brengt men er een zwavelzuuroplossing van 5 % in, die met stoom verwarmd wordt zodat het ingesloten metaal wordt ontbonden. Men houdt de inhoud van de kuip in beweging door middel van perslucht die aan de voet wordt geïnjekteerd (5).
8) Neutralisatiekuipen. De uitgeloogde pulp wordt gedeeltelijk geneutraliseerd met behulp van kalksteen (6).
9) Cyclonen en indikkers. De uraniumrijke oplossing wordt van de vaste steriele deeltjes gescheiden in cyclonen die langs de binnenkant bekleed zijn met rubber, en vervolgens in grote indikkers met tegenstroom (7).
10) Ionenuitwisselaars. De geklaarde uraniumrijke oplossing wordt in cilindrische kolommen met ionenwisselaars gebracht. Deze kolommen bevatten een speciaal hars dat het uranium uit de zwavelzuuroplossing haalt door adsorptie. Het gekoncentreerde uranium wordt van het hars verwijderd met behulp van een kleine hoeveelheid verdund salpeterzuur. Uit deze kolommen komen twee oplossingen : de ene met het steriele gesteente, de andere met het gekoncentreerde uranium (8).
11) Precipitators. Aan de uraniumrijke oplossing worden alkalimetalen toegevoegd (kalksteen of ammoniak) die het uranium en de andere metalen doen neerslaan. De onzuiverheden worden uit de oplossing verwijderd (9).
12) Filters. De neerslag wordt uit de oplossing gehaald door middel van luchtledige filters. De koek die aan de filter kleeft, is ammoniumdiuranaat en heeft een prachtige gele glans. De vloeibare oplossing die door de filters stroomt, wordt opnieuw in de kolommen met ionenwisselaars gebracht (10).
13) Drogers. De ammoniumdiuranaatkoek wordt gedroogd op een doorboorde metalen transporteur die over propaanbranders loopt (11).

14) Une installation d'empaquetage et d'expédition. Le produit séché est versé dans une trémie ou l'humidité est contrôlée avec précision. On le coule ensuite dans des fûts cylindriques en acier spécial, pesés, soigneusement fermés, scellés et étiquetés (12).

Le produit est ainsi prêt à être chargé sur camion pour être expédié chez les consommateurs (13).

En 1971, l'installation de préparation mécanique a produit 4,5 Mio. de livres (soit 2100 t) de concentrés d'uranium. La production brute a atteint 1,6 Mio. de tonnes, soit 4600 t/jour. Elle fut la plus élevée de toutes les mines d'uranium du Canada.

7. TRAITEMENT DES REJETS

Les solutions stériles sortant des cyclones épaississeurs et des échangeurs d'ions sont d'abord amenées dans de grands réservoirs où se fait la neutralisation des produits solides par addition de calcaire ($CaCO_3$). De l'air comprimé est admis à la base de ces réservoirs pour maintenir une agitation et faciliter la réaction (fig. 9 en bas).

Le mélange est ensuite pompé dans de grands bassins de décantation, constitués généralement par des lacs dont on a surélevé le niveau par des digues. Il y a lieu de signaler que dans la région de Elliot Lake il existe des centaines de lacs naturels et qu'il n'est donc pas difficile de trouver un site approprié.

Les particules solides se déposent dans ces premiers bassins, tandis que le trop-plein passe dans des bassins de précipitation. A son entrée dans les bassins du 2ème type, on ajoute encore au liquide, du calcaire neutralisant et du chlorure de baryum pour retenir le radium dissout. Le débordement du bassin de précipitation est de l'eau claire qui est alors renvoyée à la rivière « Serpent ». La surveillance de l'effluent est assurée régulièrement par la Société elle-même et par la branche des dépôts stériles du Ministère de l'Environnement.

En 1971, le bassin initial de 150 acres (60 ha) a été porté à 400 acres (160 ha) par la construction de 2 digues principales, de deux digues auxiliaires et le drainage des eaux propres des environs de cette zone vers le lac « Dunlop ». Le bassin est capable de contenir 20 Mio.t de stériles supplémentaires, ce qui permettra de couvrir les besoins de la mine pendant les dix-sept prochaines années. Le projet a coûté un peu plus de 500.000 dollars.

14) Een verpakkings- en verzendinrichting. Het gedroogde produkt komt in een trechter waar de vochtigheid nauwkeurig wordt gekontroleerd. Vervolgens wordt het gegoten in cilindrische vaten uit speciaal staal, die worden gewogen, zorgvuldig gesloten, verzegeld en waarop een etiket wordt aangebracht (12).

Het produkt is nu klaar om geladen te worden op vrachtwagens met de verbruiker als bestemming (13).

In 1971 heeft de installatie voor de mechanische bereiding 4,5 miljoen pond (of 2.100 t) uraniumkoncentraat vervaardigd. De brutoproduktie beliep 1,6 miljoen ton of 4.600 t/dag, de hoogste van alle uraniummijnen van Canada.

7. BEHANDELING VAN DE AFVAL

De steriele afval van de cyclonen-indikkers en van de ionenwisselaars wordt eerst in grote reservoirs gebracht waar de vaste produkten worden geneutraliseerd door toevoeging van kalksteen $CaCO_3$). Aan de voet van deze reservoirs wordt perslucht binnengelaten waardoor de inhoud in beweging blijft en de reaktie wordt vergemakkelijkt (fig. 9 onderaan).

Vervolgens wordt het mengsel overgepompt in grote bezinkingsbekkens, die meestal bestaan uit meren waarvan het peil verhoogd werd door middel van dijken. Men moet hier vermelden dat er in de nabijheid van Elliot Lake honderden natuurlijke meren bestaan en dat het dus niet moeilijk is een goede stortplaats te vinden.

De vaste deeltjes bezinken in deze eerste bekkens, terwijl de overloop naar de precipitatiebekkens gaat. Wanneer de vloeistof in de bekkens van het tweede type komt, wordt er nog kalksteen aan toegevoegd voor de neutralisering en bariumchloride om het opgeloste radium tegen te houden. De overloop van het precipitatiebekken is zuiver water dat dan naar de « Serpent »-rivier gezonden wordt. De overloop wordt regelmatig gekontroleerd door de maatschappij zelf en door de dienst voor opslagplaatsen van steriele stoffen van het Ministerie voor het Leefmilieu.

In 1971 werd het oorspronkelijke bekken van 150 acres (60 ha) uitgebreid tot 400 acres (160 ha) door het bouwen van twee hoofddijken en twee secundaire dijken, en het draineren van het zuiver water van deze zone naar het Dunlop-meer. Het bekken kan 20 miljoen ton bijkomende steriele produkten bevatten hetgeen voor de mijn volstaat voor de eerste zeventien jaar. Het projekt heeft iets meer dan 500.000 dollar gekost.

8. STABILISATION DES STERILES

Un vaste programme est en cours actuellement pour développer une nouvelle végétation sur les dépôts de stériles des mines de Rio Algom dans le district de Elliot Lake. Environ 85 acres (34 ha) de terrains ont été traités avec succès, malgré la nature très acide des stériles. L'acidité est corrigée en ajoutant du calcaire granulé au sol avant les plantations.

Les laboratoires de la Société poursuivent des recherches en vue de déterminer les compositions les plus favorables des sols pour promouvoir la croissance de plantes et d'herbes. Ils étudient aussi l'irrigation, l'action des liants chimiques de surface, les recouvrements protecteurs les plus adéquats, etc.

L'objectif final est de protéger le réseau hydrographique de toutes contaminations chimiques et des métaux lixiviés sur les stériles. La Société s'efforce de restaurer, autant que possible, la région dans son état naturel.

* * *

Je tiens à remercier très cordialement la Direction des Mines de Rio Algom et de Denison qui nous ont accueillis si aimablement à Elliot Lake et qui nous ont donné la possibilité de visiter d'une manière très approfondie aussi bien leurs travaux souterrains que leurs installations de surface.

Nous tenons aussi à exprimer nos sentiments de gratitude au Professeur Rice et à M. Ignatieff qui ont organisé ces visites dans le cadre de la 32ème Session du Comité International d'Organisation des Congrès Miniers Mondiaux, qui s'est tenue aux Etats-Unis et au Canada du 21 mai au 2 juin 1973.

8. STABILISEREN VAN DE AFVAL

Er loopt een uitgebreid programma voor het ontwikkelen van een nieuwe plantengroei op de storten van de Rio Algom mijn in het distrikt Elliot Lake. Ongeveer 85 acres (34 ha) werden met goed resultaat behandeld ondanks de erg zure aard van de afvalstoffen. Men verbetert de zuurheid door vóór het planten korrelvormige kalksteen aan de grond toe te voegen.

De laboratoriums van de maatschappij zetten hun studies voort voor het bepalen van die bodemsamenstelling die de groei van planten en gras het meest bevordert. Ze bestuderen eveneens de bevloeiing, de werking van de scheikundige bindstoffen aan de oppervlakte, de beste beschermende bedekking, enz...

Het uiteindelijk doel is de bescherming van het waternet tegenover elke scheikundige besmetting en van de uitgeloogde metalen in de afval. De maatschappij tracht de streek zoveel mogelijk haar natuurlijk uitzicht terug te geven.

* * *

Mijn dank gaat naar de direktie van de mijnen van Rio Algom en Denison voor het goede onthaal te Elliot Lake en voor de mogelijkheid die ze ons geboden hebben om zowel de ondergrondse als de bovengrondse installaties grondig te bezoeken.

Wij staan er ook op onze dank te betuigen aan professor Rice en de heer Ignatieff die deze bezoeken georganiseerd hebben in het kader van de 32ste zitting van het Internationaal Organiserend Komitee der Wereldmijnbouwcongressen, die gehouden werd in de Verenigde Staten en Canada van 21 mei tot 2 juni 1973.

Etude comparative des réactivités de cokes préformés et de cokes classiques par une méthode thermogravimétrique

Een vergelijkende studie over de reaktiviteit van geperste en van klassieke kooks d.m.v een termogravimetrische metode

Walter FASSOTTE *
Michel SAUSSEZ **

RESUME

En liaison avec les essais exécutés au haut fourneau expérimental d'Ougrée, on a étudié la réactivité vis-à-vis de l'anhydride carbonique de plusieurs échantillons de cokes métallurgiques classiques et de cokes moulés.

La méthode de mesure est basée sur l'analyse thermogravimétrique de cokes en morceaux ou d'un aggloméré entier. La fraction de coke non gazéifiée peut être représentée en fonction du temps de réaction par une relation linéaire dans laquelle le coefficient angulaire représente l'indice de réactivité.

La comparaison des résultats obtenus montre que l'indice de réactivité est trois ou quatre fois plus élevé pour les cokes moulés expérimentaux à base de flambant et de gras A ou B campinois, environ deux fois plus élevé pour les cokes moulés ERIM et DFC et une fois et demie plus élevé pour les cokes Carmonoix et BF que la valeur moyenne obtenue pour les cokes métallurgiques.

La structure poreuse des cokes moulés après différentes étapes de gazéification a été examinée en mesu-

SAMENVATTING

Van verscheidene monsters klassieke metallurgische kooks en geperste kooks werd de reaktiviteit t.o.v. kooldioxyde bestudeerd, studie die nauw in verband stond met de proeven in de experimentele hoogoven van Ougrée.

De termogravimetrische ontleding van parelkooks of van een heel agglomeraat vormt de grondslag van deze metode. De niet-vergaste kooksfraktie kan in reaktietijdsverband worden voorgesteld d.m.v. een lineaire vergelijking waarin de hoekkoëfficiënt de reaktiviteitsindex voorstelt.

Bij vergelijking van de uitslagen blijkt de reaktiviteitsindex drie- tot viermaal hoger te liggen voor experimentele geperste kooks op basis van vlamkolen en van Kempische vetkolen A of B, ongeveer tweemaal hoger voor geperste ERIM- en DFC-kooks en anderhalve maal hoger voor Carmonoix- en BF-kooks dan het gemiddelde cijfer voor metallurgische kooks.

Van geperste kooks werd na verschillende vergassingsfazen de poreuze struktuur onderzocht door de

* Licencié en Sciences Chimiques, Chargé de Recherches Principal à l'INIEX.
** Ingénieur Technicien Principal à l'INIEX.

* Licenciaat in de Scheikunde, Eerstaanwezend Gekommitteerd Onderzoeker bij het NIEB.
** Eerste Technisch ingenieur bij het NIEB.

rant la densité à l'hélium, la densité apparente au mercure et les surfaces spécifiques.

On a pu faire la part de la gazéification externe et interne et montrer que la première est très importante, atteignant 30 à 40 % pour les cokes moulés, alors qu'elle ne dépasse pas 5 à 10 % pour les cokes métallurgiques.

La surface spécifique interne initiale, mesurée par adsorption de vapeur d'eau, est 5 à 10 fois plus élevée pour les cokes moulés en raison probablement des constituants inertes ou infusibles du mélange aggloméré dont ils dérivent. Au cours de la gazéification, les surfaces spécifiques internes des cokes moulés se développent rapidement pour atteindre un maximum entre 40 et 60 % d'usure, puis décroissent.

On s'est intéressé aussi à l'étude de la perméabilité aux gaz des cokes, indice de qualité susceptible d'être en corrélation avec les indices de marche des hauts fourneaux. Les mesures du coefficient de perméabilité faites au moyen d'un appareil fonctionnant à basses pressions, avec régime d'écoulement exempt de turbulence, ont permis de montrer que le coke Carmonoix possède un coefficient de perméabilité K de quelque 10^{-2} cm^2 s^{-1} *et du même ordre de grandeur qu'un électrographite. En comparaison, les cokes ERIM, DFC, BF et le coke métallurgique possèdent des coefficients de perméabilité respectivement 5, 10, 20 et 30 fois plus élevés.*

Les différences observées entre les divers types de cokes montrent qu'à 950° C la réactivité des cokes métallurgiques, surtout macroporeux et peu denses, est déterminée par la vitesse de réaction chimique à la surface gaz-solide, alors que, pour les cokes moulés, denses et microporeux, la diffusion interne joue un rôle prépondérant.

Les résultats exposés au long de cette étude font clairement apparaître que la méthode classique de mesure de la réactivité n'est pas transposable au contrôle de la qualité des cokes moulés. Il importe dès lors que sa mesure soit réalisée sur des agglomérés entiers et dans des conditions expérimentales qui puissent simuler les conditions d'utilisation industrielle.

Il conviendrait, au surplus, que la méthode retenue se prête non seulement à une appréciation globale de la réactivité, mais aussi à une caractérisation du phénomène qui puisse mettre en évidence l'importance relative des usures « interne » et « externe ».

densiteit met helium te meten alsmede de schijnbare dichtheid met kwik en de soortelijke oppervlakken.

Uitwendige en inwendige vergassing konden verduidelijkt worden en er kon worden aangetoond dat de eerstgenoemde een zeer groot deel beneemt want ze bereikt 30 tot 40 % voor geperste kooks terwijl ze niet meer dan 5 tot 10 % bedraagt voor metallurgische kooks.

Het aanvankelijke inwendige soortelijke oppervlak dat d.m.v. waterdampadsorptie werd gemeten, is vijf- tot tienmaal groter voor geperste kooks, waarschijnlijk omwille van de inerte of onsmeltbare bestanddelen van het geagglomereerde mengsel waarvan ze zijn afgeleid. Het interne soortelijke oppervlak van geperste kooks breidt zich tijdens de vergassing snel uit om een maximum te bereiken tussen 40 en 60 % slijtage en dan af te nemen.

Ook werd de nodige aandacht besteed aan de permeabiliteit van kooks voor gas want deze kwaliteitsindex kan in verband staan met de werkingsindices van de hoogovens. Met de metingen van de permeabiliteitskoëfficiënt die met een op lage druk werkend toestel werden uitgevoerd in een turbulentievrij stromingsstelsel, kon worden aangetoond dat Carmonoix-kooks een permeabiliteitskoëfficiënt K van zowat 10^{-2} cm^2 s^{-1} *bezit en van dezelfde grootteorde is als een elektrografiet. Bij vergelijking bezitten ERIM-, DFC-, BF-kooks en metallurgische kooks permeabiliteitskoëfficiënten die respektievelijk 5, 10, 20 en 30 maal hoger liggen.*

Uit de verschillen tussen de diverse kookssoorten blijkt dat de reaktiviteit van vooral makroporeuze en weinig dichte metallurgische kooks bij 950° C vooral bepaald wordt door de snelheid van de chemische reaktie bij het oppervlak gas - vaste stof terwijl de inwendige diffusie een doorslaggevende rol speelt voor dichte en mikroporeuze geperste kooks.

De in het kader van deze studie uiteengezette resultaten tonen klaar en duidelijk aan dat de klassieke meetmetode van de reaktiviteit niet kan omgezet worden in een kontrole op de kwaliteit van geperste kooks. Bijgevolg is het van belang dat zijn meting gebeurt met hele agglomeraten en in proefomstandigheden die de industriële gebruiksvoorwaarden kunnen nabootsen.

Bovendien zou de in aanmerking genomen metode zich niet alleen moeten lenen tot een globale waardering van de reaktiviteit maar ook tot een karakterisering van het verschijnsel dat het relatieve belang van de « uitwendige » en « inwendige » slijtage kan aantonen.

INHALTSANGABE

In Verbindung mit den im Versuchshochofen von Ougrée durchgeführten Versuchen wurden die Reaktivität mehrerer klassicher Hütten- und Formkoksproben gegenüber Kohlendioxid untersucht.

SUMMARY

In connection with the tests carried out in the experimental blast furnace at Ougrée, a study was made of the reactivity towards carbon dioxide of several samples of ordinary metallurgical cokes and formed cokes.

Das Meßverfahren beruht auf der thermogravimetrischen Analyse von einzelnem Kokstück bzw. von Briketts. Der nicht vergaste Koksanteil kann in Abhängigkeit der Reaktionszeit durch eine lineare Beziehung wiedergegeben werden, in welcher der Winkelkoeffizient den Reaktivitätsindex darstellt.

Beim Vergleich der erzielten Ergebnisse erweist sich, daß der Reaktivitätsindex bei den Versuchsformkoksarten auf der Grundlage von Flamm- bzw. von Fettkohle A oder B aus dem Kempenland drei- bis viermal, bei den Formkokssorten ERIM und DFC ungefähr zweimal und bei der Carmonoix- und BF-Güte anderthalbmal höher liegt als der für die Hüttenkoksarten ermittelte Durchschnittswert.

Nach verschiedenen Abbrandstufen wurde die poröse Struktur der Formkokssorten durch Messung der inneren Oberflächen, der Dichte mit Helium und der Schüttgewichte mit Quecksilber untersucht.

Äusserer und innerer Vergasungsanteil konnte klargestellt werden, und es erwies sich, daß ersterer schwer ins Gewicht fällt, und zwar mit 30 bis 40 % bei den Formkoksarten, wobei er im Falle der Hüttenkokssorten 5 bis 10 % nicht überschreitet.

Die anfängliche, innere Oberfläche, gemessen durch Adsorption von Wasserdampf, liegt 5 bis 10 mal höher bei den Formkoksarten, wahrscheinlich aufgrund der reaktionsträgen oder unschmelzbaren Bestandteile der Sintermischung, von denen sie abgeleitet sind. Im Laufe der Vergasung entwickeln sich die inneren Oberflächen der Formkoksarten sehr schnell, erreichen alsdann einen Höhepunkt zwischen 40 und 60 % Abbrand und nehmen ab.

Man interessierte sich ebenfalls für die Gasdurchlässigkeit der Kokssorten; dieser Gütekennwert kann nämlich mit den Hochofenbetriebskennwerten im Zusammenhang stehen. Die anhand eines Niederdruckgerätes mit wirbelfreiem Abflußbetrieb durchgeführten Messungen des Durchlässigkeitsbeiwertes konnten beweisen, daß der Carmonoix-Koks einen Durchlässigkeitsbeiwert K von ca. 10^{-2} *cm*^{2} *s*$^{-1}$ *aufweist, und zwar von derselben Größenordnung wie ein Elektrographit. Im Vergleich dazu sind bei den Koksarten ERIM, DFC, BF sowie beim Hüttenkoks die Durchlässigkeitsbeiwerte 5, 10, 20 beziehungsweise 30 und höher.*

Die unter den verschiedenen Koksarten festgestellten Unterschiede zeigen, daß die Reaktivität der Hüttenkokssorten, vor allem wenn sie grobporig und wenig dicht sind, durch die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion an der Oberfläche bestimmt wird, während die interne Diffusion bei den dichten und feinporigen Formkoksarten die überwiegende Rolle spielt.

Die im Rahmen dieser Arbeit aufgeführten Ergebnisse lassen eindeutig durchblicken, daß das klassische Meßverfahren der Reaktivität auf die Qualitätskontrolle der Formkoksarten nicht übertragbar ist. Es ist

The measurement method is based on the thermogravimetric analysis of pieces of cokes or of a whole piece of formed coke. The fraction of non-gasified coke may be represented in function of the reaction time by means of a linear relation in which the angular coefficient represents the index of reactivity.

The comparison of the results obtained shows that the index of reactivity is three or four times higher for the experimental formed cokes made from high volatile bituminous coal, formed from the Campine coalfield, about twice as high for ERIM and DFC formed cokes, and one and a half times higher for Carmonoix and BF cokes, than the average value obtained for metallurgical cokes.

The porous structure of the formed cokes after various stages of gasification was examined by measuring the density to helium, the bulk density to mercury and the specific surfaces.

We were able to assess the external and internal gasification and to demonstrate that the former is considerable, as much as 30 to 40% for formed cokes, whereas it does not exceed 5 to 10% for metallurgical cokes.

The initial specific surface area, measured by adsorption of water vapour, is 5 to 10 times higher for formed cokes, probably owing to the inert or unmeltable components of the briquettes from which they are derived. In the course of gasification, the specific surface areas of formed cokes develop rapidly to reach a maximum between 40 to 60% burnoff, then they decrease.

We were also interested in the study of the permeability of the cokes to gases, an index of quality likely to be in correlation to the indices of the working of the blast furnaces. The permeability measurements carried out by means of an apparatus working at low pressure, with a rate of flow free from turbulence, enabled us to demonstrate that the Carmonoix coke possesses a permeability of some 10^{-2} *cm*^{2} *s*$^{-1}$ *and of about the same size as an electrographite. In comparison the ERIM, DFC, BF, and metallurgical cokes possess permeabilities of respectively 5, 10, 20 and 30 times higher.*

The differences observed between the various types of cokes show that, at 950° C, the reactivity of metallurgical cokes, especially those that are macroporous and not very dense, is determined by the rate of the chemical reaction at the gas-solid interface whereas, for formed cokes, which are dense and mocroporous, the internal diffusion plays a preponderant part.

The results described throughout this study clearly show that the United Nations method for coke reactivity cannot be transposed to the control of the quality of formed cokes. It is hence important that it should be

daher unerläßlich, daß die Messung anhand ganzer Formkokse und unter Versuchsbedingungen vorgenommen wird, die die industriellen Einsatzbedingungen nachzubilden vermögen.

Außerdem müßte das gewählte Verfahren nicht nur eine Gesamtbewertung der Reaktivität, sondern auch eine Charakterisierung des Vorganges zulassen, welche die relative Bedeutung der « inneren » bzw. « äußeren » Abnutzung hervorheben kann.

measured on whole briquettes in experimental conditions which can simulate conditions of industrial use.

In addition, it would be advisable to choose a method applicable not only to an overall estimation of reactivity, but also to a characterization of the phenomenon capable of revealing the relative importance of « internal » and external gasification.

SOMMAIRE

KORTE INHOUD

1. INTRODUCTION

Les recherches qui se sont développées depuis une dizaine d'années dans le domaine de la cokéfaction continue ont abouti à la mise au point, à l'échelle semi-industrielle, de divers procédés de fabrication de cokes moulés.

Des essais ont été entrepris en Belgique en vue du développement du procédé INIEX de carbonisation d'agglomérés de houille dans un four utilisant la technique du lit de sable fluidisé.

Au cours des années 1969-1970, ces essais ont été poussés jusqu'à l'échelle pilote dans une installation de 4 ou 5 tonnes/heure établie à Seraing, dans les dépendances du Charbonnage Colard de la S.A. Cockerill-Ougrée (Division DFC).

1. INLEIDING

Sedert een tiental jaren werd op het vlak van de doorlopende verkooksing speurwerk doorgevoerd dat is uitgelopen op de uitwerking van diverse fabrikageprocédés voor geperste kooks op semi-industriële schaal.

In België werden proeven gedaan met het oog op de ontplooiing van het NIEB-procédé voor het karbonizeren van steenkolenagglomeraten in een oven met aanwending van de techniek van het gefluïdizeerde zandbed.

Deze proeven werden tijdens de jaren 1969-1970 tot op semi-industriële schaal doorgezet in een installatie van 4 tot 5 ton/uur die op het eigendom van de Charbonnage Colard van de S.A. Cockerill-Ougrée (Afdeling DFC) in Seraing werd opgericht.

D'autre part, en vue d'adapter les propriétés du coke moulé à la fonction classique du coke dans les hauts fourneaux, l'Association Internationale pour les Recherches de Base au Haut Fourneau d'Ougrée (AIRBO) a procédé à une série d'essais d'utilisation des boulets carbonisés DFC au fourneau expérimental.

Des essais d'utilisation similaires ont été réalisés sur des cokes classiques concassés 10-20 mm et 30-40 mm, sur des boulets ERIM-HBN des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais et sur des « Formkoks BF » (Bergbau-Forschung) produits en République Fédérale allemande.

Nous avons pu disposer de quelques échantillons de ces produits et il nous a paru intéressant d'aborder l'étude de leur réactivité afin de contribuer à expliquer des différences de comportement observées au fourneau expérimental d'Ougrée.

2. PROPRIETES DES COKES ETUDIES

La réactivité d'un coke préformé dépend, d'une part, de la nature de la matière première utilisée, c'est-à-dire du degré de houillification du charbon, et, d'autre part, de la technologie pratiquée pour sa production. Pour les agglomérés que nous avons étudiés, la nature des constituants du mélange et les conditions de la production sont les suivantes.

Coke moulé DFC

Agglomérés à 8 % de brai de calibre (43 × 41 × 29 mm), produits à partir d'un mélange de charbons broyés à 1 mm et composés de 90 % de fines maigres Colard (MV : 9,5 %) et 10 % de gras B campinois (MV : 28 %).

Dans un premier stade de semi-carbonisation, les boulets sont traités à 550° C dans un lit de sable fluidisé. Après criblage du sable, les boulets sont introduits dans un four à cuve où s'opère la carbonisation finale à une température de 850° C.

Formkoks BF

Agglomérés de calibre (45 × 40 × 25 mm) fabriqués en deux étapes par le procédé de briquetage à chaud suivi d'une carbonisation à 900° C dans un four vertical à sable chaud. Le mélange initial est constitué de 70 % de semi-coke préparé à environ 700° C à partir d'un charbon maigre (MV : 13 %) et de 30 % d'un charbon cokéfiant.

Coke moulé ERIM-HBN

Agglomérés à 5 % de brai et 2 % de goudron produits à partir d'un mélange de 90 % d'un charbon anthraciteux (MV : 9 %) et de 10 % de charbon à coke (MV : 24 %).

Met het doel de eigenschappen van geperste kooks aan te passen aan de klassieke funktie van kooks in hoogovens heeft de Association Internationale pour les Recherches de Base au Haut Fourneau d'Ougrée (AIRBO) anderzijds een reeks gebruiksproeven met gekarbonizeerde DFC-eitjes uitgevoerd in de experimentele smeltoven.

Gebroken klassieke kooks van 10-20 mm en 30-40 mm, eierkolen ERIM-HBN van de Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais en « Formkoks BF » (Bergbau-Forschung) uit de Duitse Bondsrepubliek hebben het voorwerp uitgemaakt van gelijkaardige gebruiksproeven.

We hebben over enkele monsters van deze produkten kunnen beschikken en het heeft ons interessant toegeschenen hun reaktiviteit te bestuderen om de gedragsverschillen die in de experimentele oven van Ougrée werden waargenomen, te helpen verklaren.

2. EIGENSCHAPPEN VAN DE BESTUDEERDE GEPERSTE KOOKSSOORTEN

Welke reaktiviteit geperste kooks bezit, is enerzijds afhankelijk van de aard van de gebruikte grondstof d.w.z. van de verkolingsgraad van de steenkool en anderzijds van de technologie die bij de produktie ervan wordt toegepast. Van de door ons bestudeerde agglomeraten kunnen de aard van de mengselbestanddelen en de produktieomstandigheden als volgt worden omschreven.

Geperste DFC-kooks

De agglomeraten met een kaliber van 43 × 41 × 29 mm bevatten 8 % pek. Ze zijn vervaardigd uit een mengsel steenkool die op 1 mm is gemalen en die bestaat uit 90 % magere fijnkolen Colard (vluchtige bestanddelen : 9,5 %) en 10 % Kempense vetkolen B (vluchtige bestanddelen : 28 %).

De eierkolen worden in een eerste semi-karbonizeerfaze in een gefluïdizeerd zandbed behandeld op 550° C. Na het zeven van het zand worden de briketten dan in een schachtoven gezet waarin de eindkarbonizatie op een temperatuur van 850° C gebeurt.

Formkoks BF

Deze agglomeraten met als kaliber 45 × 40 × 25 mm worden in twee fazen vervaardigd : het procédé van het warm briketteren wordt gevolgd door een karbonizatie op 900° C in een vertikale oven met heet zand. Aanvankelijk bevat het mengsel 70 % halfkooks die op ongeveer 700° C werd bereid uit magere steenkool (vluchtige bestanddelen : 13 %) en 30 % kookskool.

Geperste kooks ERIM - HBN

Agglomeraten met 5 % pek en 2 % teer die met een mengsel van 90 % antracietkool (vluchtige bestanddelen : 9 %) en van 10 % kookskool (vluchtige bestanddelen : 24 %) werden geproduceerd.

Tableau I. — *Comparaison des caractéristiques du coke DFC et de celles de différents cokes expérimentés au fourneau d'Ougrée*

Tabel I. — *Vergelijking tussen de kenmerken van DFC-kooks en die van verschillende in de oven van Ougrée beproefde kookssoorten*

Caractéristiques	Coke moulé DFC / Geperste kooks DFC	Cokes métallurgiques / Metallurgische kooks 20-25 mm	30-40 mm	Formkoks BF / Formkoks BF	Coke moulé Erim / Geperste Erim-kooks	Coke moulé Carmonoix / Geperste Carmonoix-kooks	Kenmerken
Propriétés physiques							*Fysieke eigenschappen*
P = poids moyen g	26,32	6,07	18,10	22,41	21,38	25,61	P = gemiddeld gewicht g
da = densité apparente g/cm³	1,254	0,981	0,987	0,784	1,355	1,272	da = schijnbare dichtheid g/cm³
dv = densité en vrac g/cm³	0,731	0,519	0,500	0,470	0,842	0,760	dv = bulkdichtheid g/cm³
d_{He} = densité vraie (*) g/cm³	1,847	—	1,970	1,940	1,805	1,971	d_{He} = echte dichtheid (*) g/cm³
P/da = volume moyen cm³	21,0	6,19	18,3	28,6	15,8	20,1	P/da = gemiddeld volume cm³
$(1 - dv/da) \times 100$ = indice de vide %	41,8	47,0	49,4	40,1	38,0	40,3	$(1 - dv/da) \times 100$ = ruimteïndex %
$(1 - da/d_{He}) \times 100$ = porosité %	32,1	—	49,9	59,6	24,9	35,5	$(1 - da/d_{He}) \times 100$ = porositeit %
Surface spécifique externe (**) cm²/g	1,40	3,34	2,30	2,01	1,40	1,41	Soortelijk uitwendig oppervlak (**) cm²/g
Indice MICUM M 20 %	87,2	—	93,2	92,3	91,9	95,7	Index MICUM M 20 %
Indice MICUM M 10 %	11,2	—	6,8	7,6	7,7	4,2	Index MICUM M 10 %
Indice IRSID I 20 %	65,2	—	79,6	68,1	70,2	82,4	Index IRSID I 20 %
Indice IRSID I 10 %	31,7	—	20,4	31,7	27,8	16,8	Index IRSID I 10 %
Analyse immédiate (***)							*Onmiddellijke ontleding* (***)
Humidité %	1,08	0,05	0,11	0,34	1,22	3,84	Vochtigheid %
Cs' (cendres s/sec) %	7,92	7,30	8,77	8,39	9,79	9,65	Cs' (as droog) %
MV' (mat. volat. s/sec) %	1,16	0,61	0,60	0,93	1,58	2,18	MV' (vlucht. bestandd. droog) %
C' (carbone s/sec) (****) %	90,22	91,39	89,93	89,98	87,93	87,47	C' (koolstof droog) (****) %

(*) Les densités vraies à l'hélium nous ont été aimablement fournies par le CERCHAR.
De met helium bepaalde echte dichtheid werd ons vriendelijk medegedeeld door het CERCHAR.

(**) Calculée en assimilant chaque morceau de coke moulé à une sphère et de coke métallurgique à un cube.
Voor de berekening wordt elk stukje geperste kooks gelijkgesteld met een bol en metallurgische kooks met een kubus.

(***) Après traitement en atmosphère inerte au four à moufle (2 h à 950°C) et avant la mesure de la carboxyréactivité.
Na de behandeling in een inerte atmosfeer in een moffeloven (2 h op 950° C) en voor de meting van de carboxyreaktiviteit.

(****) $C' = (100 - Cs' - MV') - 0,7$: formule d'estimation de la teneur en carbone d'un coke [63].
$C' = (100 - Cs' - MV') - 0,7$: formule voor het ramen van het koolstofgehalte van kooks [63].

Tableau II. — *Composition et analyse immédiate des cokes expérimentaux*

Tabel II. — *Samenstelling en onmiddellijke analyse van de experimentele kookssoorten*

Désignation		Mélange Mengsel A	Mélange Mengsel A*	Mélange Mengsel B	Mélange Mengsel D	Mélange Mengsel E	Mélange Mengsel F	Mélange Mengsel G	Omschrijving	
Composition									*Samenstelling*	
Charbon USA Illinois tel quel	%	80	80						Onbewerkte USA kool uit Illinois	%
Idem oxydé 30 min à 175° C	%	20	20						Idem maar 30 min op 175° C geoxyd.	%
Charbon anglais des Midlands	%			75					Engelse kool uit de Midlands	%
Charbon campinois gras B	%			25					Kempense vetkolen B	%
Charbon lorrain de Faulquemont	%				85				Lotharingse kolen uit Faulquemont	%
Charbon campinois gras B	%				15	85	10		Kempense vetkolen B	%
Charbon campinois gras A	%							90	Kempense vetkolen A	%
Charbon maigre Colard	%						90		Magere kolen Colard	%
Minette de Lorraine < 1 mm	%					15		10	Minette uit Lotharingen < 1 mm	%
Brai	%	10	10	10	10	10	10	10	Pek	%
Eau + émulsion	%	9,3	9,3	7,5	9,3	6,8	9,3	9,3	Water + emulsie	%
	%	119,3	119,3	117,5	119,3	116,8	119,3	119,3		%
Analyse immédiate **									*Onmiddellijke ontleding* **	
Humidité : He	%	1,42	1,20	0,62	0,76	0,34	1,06	0,42	Vochtigheid : He	%
Cendres sur sec : Cs'	%	7,87	9,30	7,99	9,02	21,19	6,94	17,81	As droog : Cs'	%
Matières volatiles sur sec : MV'	%	1,42	1,97	1,68	1,68	2,05	1,31	1,71	Vluchtige bestanddelen droog : MV'	%
Carbone fixe sur sec : C'	%	90,01	88,03	89,63	88,60	76,06	91,05	79,78	Vaste koolstof droog : C'	%

* Diffère seulement par les conditions de traitement à la carbonisation.
Verschilt enkel door de bewerkingsomstandigheden bij de karbonizatie

** Après recarbonisation à 950°C en atmosphère inerte.
Na karbonizatie op 950° C in een inerte atmosfeer.

La cuisson se fait dans un four à cuve avec injection de gaz à la base et d'air dans la zone médiane. La chaleur dégagée par la combustion du gaz réalise la carbonisation des agglomérés à des températures comprises entre 900 et 950° C.

Coke moulé Carmonoix

Agglomérés résultant d'une opération d'oxydation suivie d'une carbonisation d'un gras B à 29 % de matières volatiles avec addition de 5,5 % de brai et d'environ 1 % de soufre. L'oxydation se faisait dans un courant de fumées à 300° C pendant 8 h, la température des agglomérés ne dépassant pas 170° C. La carbonisation a été réalisée dans des cellules verticales du type Koppers avec un temps de séjour de 24 h.

Cokes spéciaux

Agglomérés de 35 g à base de charbons à haute teneur en matières volatiles : flambant USA de l'Illinois, flambant anglais des Midlands, flambant lorrain de Faulquemont et gras B campinois additionné de minette de fer. Adaptations des propriétés cokéfiantes par oxydation ou par addition de charbon gras et prétraitement en lit de sable fixé à environ 400° C, suivi d'une carbonisation progressive en fumées chaudes jusqu'à 800-850° C.

Le tableau I, extrait de la communication présentée par P. Ledent aux journées d'information « Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction » [168], résume les caractéristiques physiques moyennes, et l'analyse immédiate des divers types de cokes étudiés.

En ce qui concerne les caractéristiques physiques des cokes spéciaux, nous renvoyons à la communication : « Etude des sous-produits obtenus par le procédé INIEX de fabrication de coke moulé » faite à la 14me Table Ronde par M. Marcourt et A. Renson [179]. Le tableau II reprend la nature des constituants de ces cokes, ainsi que les analyses immédiates obtenues après recarbonisation à 950° C en atmosphère inerte, avant la mesure de carboxyréactivité.

3. METHODE DE MESURE

Différentes méthodes expérimentales permettent la détermination de la vitesse de gazéification d'un coke par l'anhydride carbonique. La détermination se fait en général d'après le projet de méthode proposé par l'ISO. Le principe de la méthode repose sur la gazéification à une température constante de 1000° C, sous l'action d'un courant de CO_2, d'une charge de 7 g de coke de calibre déterminé (∅ 1 à 3 mm).

De verkooksing geschiedt in een schachtoven met injektie van gas aan de voet van de oven en van lucht in de middenmoot. De door de verbranding van het gas afgegeven hitte zorgt voor de karbonizatie van de agglomeraten bij een temperatuur van 900 tot 950° C.

Geperste kooks Carmonoix

Deze agglomeraten werden als volgt vervaardigd : op de oxyderingsbehandeling volgde een karbonizatie van vetkool B met 29 % vluchtige bestanddelen waaraan 5,5 % pek en ongeveer 1 % zwavel is toegevoegd. De oxydering gebeurde in een stroom rookgassen op 300° C gedurende 8 uur waarbij de temperatuur van de agglomeraten de 170° C niet overschreed. De karbonizatie ging door in vertikale cellen van het type Koppers bij een verblijfstijd van 24 h.

Speciale kooks

Agglomeraten van 35 g op basis van steenkolen met een hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen : Amerikaanse vlamkolen uit Illinois, Engelse vlamkolen uit de Midlands, Lotharingse vlamkolen uit Faulquemont en Kempense vetkolen B waaraan minette werd toegevoegd. De verkooksingseigenschappen werden aangepast door oxydering of door toevoeging van vette steenkool; de agglomeraten werden vooraf op ongeveer 400° C behandeld in een vast zandbed waarop een geleidelijke karbonizatie in hete rookgassen tot 800-850° C volgde.

Tabel I is een uittreksel uit de mededeling die door de h. Ledent werd gehouden op de studiedagen « Techniek en evolutie in het domein van de verkooksing » [168]; hierin wordt een samenvatting van de doorsnee fysieke kenmerken gegeven alsmede de onmiddellijke analyse van de diverse bestudeerde kookstypes.

Voor de fysieke kenmerken van de speciale kookssoorten verwijzen we naar de mededeling « Studie van de nevenprodukten die worden bekomen met het NIEB-procédé voor de vervaardiging van geperste kooks » die door M. Marcourt en A. Renson op de 14de rondetafel-konferentie werd gehouden [179]. In tabel II wordt de aard van de bestanddelen van deze kookssoorten aangegeven alsmede de ogenblikkelijke ontledingen die na herkarbonizatie op 950° C in een inerte omgeving en voor de carboxyreaktiviteitsmeting worden bekomen.

3. METHODE VOOR HET METEN VAN DE CARBOXYREAKTIVITEIT

Er bestaan verschillende experimentele metodes om de vergassingssnelheid van kooks d.m.v. kooldioxyde te bepalen. Over het algemeen gebeurt dit volgens de door het ISO voorgestelde ontwerpmetode waarvan het beginsel op het volgende berust : onder inwerking van een CO_2-stroom wordt een lading van 7 g kooks met een bepaald kaliber (1 tot 3 mm doormeter) vergast bij een vaste temperatuur van 1000° C.

En s'appuyant sur l'analyse des gaz à la sortie et sur les conditions de la gazéification, on détermine la constante de vitesse de la réaction, rapportée au poids de coke. En ce qui concerne les cokes moulés, pour obtenir dans des conditions d'expérimentation aussi rigoureuses que possible des résultats qui soient plus comparables avec les essais au fourneau expérimental et pour tenir compte des propriétés macroscopiques comme la macroporosité, la fissuration et la granulométrie des constituants du mélange, nous avons choisi d'effectuer la mesure sur des agglomérés entiers par la méthode thermogravimétrique. Cette méthode possède l'avantage d'enregistrer en continu la courbe de température en fonction du temps, soit $T = \phi(t)$, et simultanément la courbe de variation de poids d'un échantillon en fonction du temps, soit $P = \psi(t)$. Nous disposons à cette fin d'une thermobalance Adamel (type TH 59, modèle 2) spécialement conçue pour traiter un échantillon de la taille d'un aggloméré de 40 g.

31. Mode opératoire

Les échantillons subissent un prétraitement afin de les ramener dans un état comparable et en particulier pour éliminer les matières volatiles résiduaires qui risqueraient de perturber la mesure de la réactivité. Ce traitement consiste à soumettre au four à moufle une série d'échantillons sous garde de charbon de bois, à une allure de chauffe de 5° C/minute, jusqu'à une température de 950° C et de les maintenir à cette température pendant 2 heures. Ils sont ensuite refroidis lentement et mis en équilibre à l'air ambiant pendant 24 heures. Après quoi, on détermine le poids P_0, le volume V_0 et la densité au mercure d_0 des différents cokes.

Sur l'échantillon ainsi préparé, on effectue l'essai de réactivité proprement dit.

Steunend op de ontleding van de gassen bij de uitgang en op de vergassingsomstandigheden, wordt overeenkomstig het kooksgewicht de snelheidskonstante van de reaktie bepaald. Wat de geperste kooks betreft, hebben we verkozen ganse agglomeraten d.m.v. de termogravimetrische metode te meten om in zo streng mogelijke experimentele omstandigheden te komen tot uitslagen die beter met de proeven in de experimentele smeltoven kunnen vergeleken worden, en om rekening te houden met de makroskopische eigenschappen zoals de makroporositeit, de splijting en de korrelgrootteverdeling van de bestanddelen van het mengsel. Het voordeel van deze metode ligt hierin dat de temperatuurkromme doorlopend in tijdsverband wordt opgetekend nl. $T = \psi(t)$, tegelijk met de optekening in tijdsverband van de kromme van de gewichtsverandering van een monster nl. $P = \psi(t)$. Daartoe beschikken we over een termobalans Adamel (type TH 59, model 2) die speciaal voor het behandelen van een monster met de grootte van een agglomeraat van 40 g is ontworpen.

31. Werkwijze

De monsters worden vooraf behandeld om ze in een vergelijkbare staat te brengen en in het bijzonder met het oog op het wegwerken van de resterende vluchtige bestanddelen die de meting van de reaktiviteit dreigen te verstoren. Deze behandeling geschiedt als volgt : een reeks monsters worden onder bescherming van houtskool in een moffeloven verwarmd tegen 5° C per minuut tot op een temperatuur van 950° C en gedurende twee uur wordt die temperatuur aangehouden. Daarna worden ze langzaam afgekoeld en gedurende 24 uur in de omgevingslucht gezet. Hierop worden het gewicht P_0, het volume V_0 en de met kwik gemeten dichtheid δ_0 van de verschillende kookssoorten bepaald.

De eigenlijke reaktiviteitsproef wordt op een derwijze bereid monster uitgevoerd.

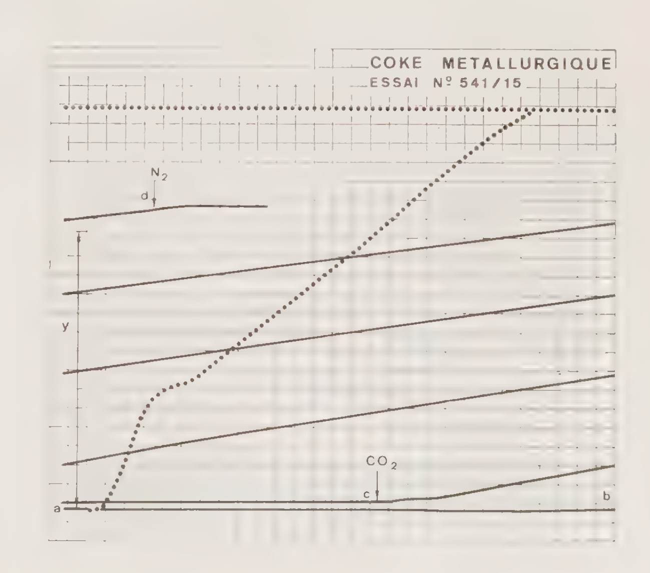


Fig. 1.

Thermogramme type de carboxyréactivité d'un coke métallurgique pour un degré d'usure voisin de 20 %.

Température de gazéification : 950°C
Courbe en pointillé : variation de la température du four au cours de la mise en régime.
Courbe en trait plein : variation de poids de l'échantillon.
Ordonnée Y : déplacement du stylet d'enregistrement de la variation de poids pour un poids étalon de 2 g.
Abscisse : longueur totale 180 min.

Typetermogram van de carboxyreaktiviteit van metallurgische kooks voor een slijtagegraad van om en bij de 20 %.

Vergassingstemperatuur : 950° C.
Puntkromme : verandering van de oventemperatuur tijdens de aanloop.
Lijnkromme : gewichtsvariatie van het monster.
Ordinaat Y : verplaatsing van de optekenstift van de gewichtsverandering voor een standaardgewicht van 2 g.
Abscis : totale lengte 180 min.
Coke métallurgique : metallurgische kooks.
Essai : proef.

Le coke est réchauffé progressivement dans le four de la thermobalance à une allure de chauffe de 5° C/min pour éviter tout choc thermique, tandis qu'on balaye l'intérieur du four par un courant d'azote. La température de l'essai étant atteinte (950° C), on stabilise pendant 2 heures (voir le trajet *a b c* d'un enregistrement sur tambour développé à la fig. 1) et l'on substitue au courant d'azote un courant d'anhydride carbonique pur et sec avec un débit de 30 litres/h à pression atmosphérique. Après une période de purge du dispositif par l'anhydride carbonique (environ 20 min), on observe un début de perte de poids de l'échantillon (trajet *c d*); on calcule alors la vitesse de réaction et les temps correspondant à des taux d'usure déterminée (0,05 - 0,10, etc.).

32. Expression des résultats Cinétique de la gazéification du coke

On définit la réactivité d'un combustible, soumis dans des conditions données à l'action de l'anhydride carbonique, comme la vitesse avec laquelle il réagit sur ce gaz conformément à la réaction exprimée par l'équation :

$$C + CO_2 \rightleftarrows 2\,CO \qquad \Delta H^0_{273} = +\,41{,}1 \text{ kcal.}$$

La constante d'équilibre de la réaction de Boudouard à 950° C étant très grande, l'équilibre thermodynamique correspond au CO presque pur. La réactivité étant ainsi définie comme une vitesse moyenne de réaction, on conçoit qu'elle dépend de divers facteurs. Parmi ceux qui sont susceptibles d'agir sur cette grandeur, on distingue les facteurs inhérents au combustible (composition chimique - mode de fabrication du coke - structure physique) et des facteurs expérimentaux (température, pression, vitesse linéaire du CO_2, état de division du combustible).

L'étude de la réactivité des cokes dans des conditions données : température de 950° C, pression atmosphérique, débit de CO_2 de 30 litres/h, permettra de relier cette grandeur aux caractères spécifiques du coke. Nous définissons la vitesse globale de gazéification à l'instant t, par le quotient du nombre de grammes de carbone qui se transforme dans le temps t par l'intervalle de temps t :

$$v_t = -\frac{dP}{dt} \ (g \cdot s^{-1}) \qquad (1)$$

et la vitesse spécifique de gazéification à l'instant t par :

$$R_t = -\frac{1}{S_t}\frac{dP}{dt} \ (g \cdot s^{-1}\, m^{-2}) \qquad (2)$$

où S_t est la surface totale réactive de l'échantillon.

Geleidelijk wordt de kooks in de oven van de termobalans opgewarmd tegen een verwarmingssnelheid van 5° C/min om iedere termische schok te vermijden terwijl de oven binnenin met een stikstofstroom wordt uitgezuiverd. Eens de proeftemperatuur bereikt (950° C), wordt die gedurende twee uur zo gehouden (zie op figuur 1 het stuk *a b c* van een trommeloptekening) en de stikstofstroom wordt vervangen door een zuivere en droge kooldioxydestroom met een debiet van 30 liter/h op atmosfeerdruk. Het toestel wordt dan gedurende een bepaalde tijd door het kooldioxyde gezuiverd (ongeveer 20 min) : op dat ogenblik is een begin van gewichtsverlies bij het monster merkbaar (stuk *c d*); dan wordt de reaktiesnelheid berekend alsmede de tijden die overeenstemmen met een bepaald slijtagepeil (0,05 - 0,10, enz.).

32. Formulering van de uitslagen en kinetika van de kooksvergassing

De reaktiviteit van een brandstof die in de gegeven omstandigheden aan de werking van kooldioxyde werd onderworpen, wordt bepaald als de snelheid waarmee ze reageert op dit gas overeenkomstig de door de volgende vergelijking uitgedrukte reaktie :

$$C + CO_2 \rightleftarrows 2\,CO \qquad \Delta H^0_{273} = +\,41{,}1 \text{ kcal}$$

Vermits de evenwichtskonstante van de reaktie van Boudouard op 950° C zeer groot is, komt het termodynamische evenwicht overeen met bijna zuiver CO. Vermits de reaktiviteit op die manier als een gemiddelde reaktiesnelheid wordt bepaald, is het begrijpelijk dat ze van diverse faktoren afhankelijk is. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de faktoren die op deze grootheid kunnen inwerken : sommige zijn inherent verbonden met de brandstof (scheikundige samenstelling - fabrikagewijze van de kooks - fysieke struktuur) en andere zijn experimentele faktoren (temperatuur, druk, lineaire snelheid van het CO_2, korrelgrootteverdeling van de brandstof).

Door de reaktiviteit van de kooks in gegeven omstandigheden (temperatuur van 950° C, atmosfeerdruk, CO_2-debiet van 30 liter/h) te bestuderen, kan deze grootheid gekoppeld worden aan de specifieke kenmerken van kooks. We bepaalden de globale vergassingssnelheid op het ogenblik t d.m.v. het kotiënt van het aantal grammen koolstof dat zich omvormt in de tijd t, en van de tussentijd t

$$v_t = -\frac{dP}{dt} \ (g \cdot s^{-1}) \qquad (1)$$

en de soortelijke vergassingssnelheid op het ogenblik t door middel van :

$$R_t = -\frac{1}{S_t}\frac{dP}{dt} \ (g \cdot s^{-1}\, m^{-2}) \qquad (2)$$

waarin S_t het totale reaktieve oppervlak van het monster is.

Pour une gazéification croissante, la surface interne se modifie de sorte que, dans l'équation (2) outre R, en général S_t représente une inconnue. Comme vitesse de réaction spécifique, on utilise la vitesse de réaction R_m rapportée au poids instantané p de coke suivant l'expression :

$$R_m = -\frac{1}{P}\frac{dP}{dt} \qquad (3)$$

avec

R_m (s^{-1}) $= R_t \cdot S_{spec.}$ = indice de réactivité du coke
P (g) = poids du coke
$S_{spec.}$ ($m^2 g^{-1}$) = surface réactive spécifique.

L'indice de réactivité R_m étant rapporté à l'unité de poids, il faut donc s'attendre à ce que cet indice soit influencé par la texture et la microporosité et de manière plus générale par toutes les caractéristiques susceptibles d'influencer la valeur de la surface réactive spécifique.

33. Résultats expérimentaux

La méthode gravimétrique permet de déterminer expérimentalement la courbe de perte de poids en fonction du temps.

Pour la présentation des résultats, nous calculerons le rapport entre la perte de poids et le poids initial de l'échantillon auquel nous donnerons le nom d'usure.

Cette définition conduit aux relations suivantes :

$$U = \frac{P_0 - P}{P_0} = 1 - \frac{P}{P_0} \qquad (4)$$

Bij een toenemende vergassing wijzigt het inwendige oppervlak zich zodanig dat in vergelijking (2) buiten R ook S_t over het algemeen een onbekende voorstelt. Als soortelijke reaktiesnelheid wordt gebruik gemaakt van de reaktiesnelheid R_m in verhouding tot het ogenblijkkelijke gewicht p van de kooks volgens de formule :

$$R_m = -\frac{1}{P}\frac{dP}{dt} \qquad (3)$$

met R_m (s^{-1}) $= R_t \cdot S_{spec}$ = reaktiviteitsindex van de kooks
P (g) = gewicht van de kooks
S_{spec} ($m^2 g^{-1}$) = soortelijk reaktieoppervlak.

Eens als de reaktiviteitsindex R_m in verhouding tot de gewichtseenheid is gebracht, is dus te verwachten dat deze index wordt beïnvloed door de textuur en de mikroporositeit en meer in het algemeen door alle kenmerken die op de grootte van het soortelijke reaktieoppervlak kunnen invloed uitoefenen.

33. Experimentele uitslagen

De gravimetrische metode stelt ons in staat de kromme die het gewichtsverlies in tijdsverband aangeeft, proefondervindelijk vast te stellen.

Voor het formuleren van de uitslagen berekenen we de verhouding tussen het gewichtsverlies en het oorspronkelijke gewicht van het monster en dit noemen we de slijtage.

Deze bepaling leidt tot de volgende verhoudingen :

$$U = \frac{P_0 - P}{P_0} = 1 - \frac{P}{P_0} \qquad (4)$$

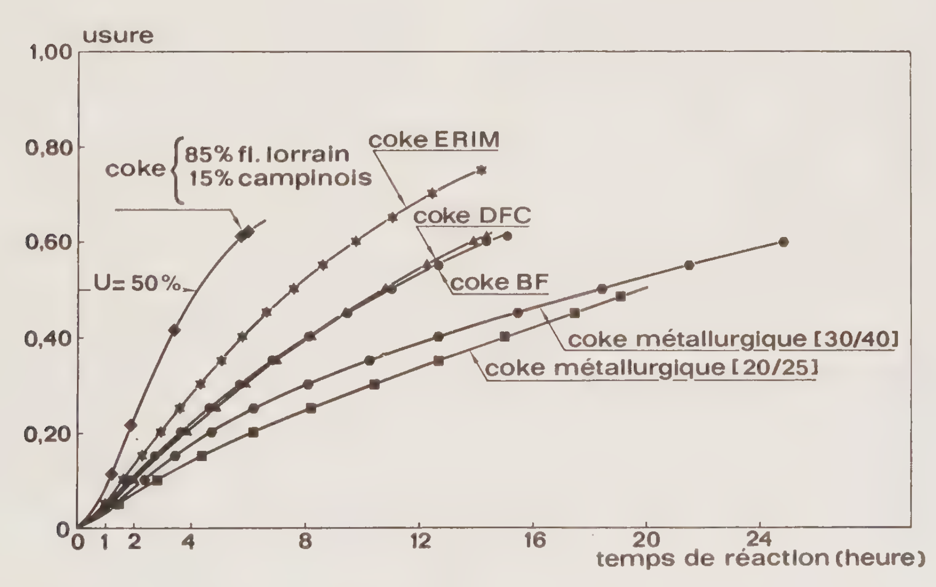


Fig. 2.

Comparaison des degrés d'usure de divers cokes en fonction du temps de réaction à 950° C

Een vergelijking van de slijtagegraad van diverse kookssoorten naargelang van de reaktietijd op 950° C.

Usure : slijtage.
Temps de réaction (heure) : reaktietijd (uur).
Coke : kooks.
Coke métallurgique : metallurgische kooks.
Fl. lorrain : Lotharingse vlamkolen.
Campinois : Kempense vetkolen.

dans laquelle :

P_0 est le poids initial de l'échantillon sec relevé sur le thermogramme après la période de dégazage à 950° C

P le poids de l'échantillon à l'instant t et

U le degré d'usure correspondant.

Les courbes représentées sur la figure 2 expriment l'usure en fonction des durées de réaction pour des cokes métallurgiques et des cokes moulés.

On peut remarquer que, pour user un coke moulé à 50 % de son poids d'origine, il faut dans les conditions de l'essai le soumettre à l'action du CO_2, respectivement : 250 minutes pour le coke à 85 % de flambant lorrain et 15 % de gras B campinois, 450 minutes pour un coke ERIM, 620 minutes pour un coke DFC, 660 minutes pour un coke BF.

Pour les cokes métallurgiques 30/40 et 20/25, les durées de demi-gazéification sont comprises entre 1100 et 1200 minutes.

La comparaison des relations (3) et (4) va nous permettre de dégager la valeur expérimentale de R_m.

En effet, on peut écrire :

$$1 - U = \frac{P}{P_0} \quad \text{et} \quad \frac{d}{dt} \ln (1 - U) = \frac{1}{P} \frac{dP}{dt} \qquad (5)$$

$$\text{d'où} \quad R_m = - \frac{d \ln (1 - U)}{dt} \qquad (6)$$

Il résulte de ceci que, si l'on reporte les valeurs de (1 — U) sur un canevas semi-logarithmique à base 10, la valeur de l'indice de réactivité R_m à l'instant t peut se déduire de la valeur de la tangente à la courbe $\log_{10} (1 - U) = f(t)$ par la formule :

$$R_m = - 2{,}3 \frac{d \log_{10} (1 - U)}{dt} \qquad (7)$$

La figure 3 donne quelques exemples types pour des cokes classiques et des cokes préformés.

Pour un certain nombre de cokes moulés (BF - ERIM et coke 85 % flambant lorrain et 15 % gras B campinois), la réactivité R_m est pratiquement indépendante du temps (et du degré d'usure) et les points expérimentaux s'alignent suivant des droites sur le canevas semi-logarithmique *.

Il en va de même pour le coke moulé Carmonoix non représenté sur la figure 3.

* K.D. EIFERT [67] a déterminé la vitesse de réaction en fonction de l'usure pour des températures de gazéification comprises entre 900 et 1500°C. Dans le domaine allant jusqu'à 40 % d'usure et jusqu'à des températures de 1100°C, on n'observe aucune relation entre la vitesse de réaction et l'usure, ce qui confirme la validité de l'équation (7).

waarin :

P_0 = het oorspronkelijke gewicht van het droge monster dat werd gemeten op het termogram na de ontgassingstijd op 950° C;

P = het gewicht van het monster op het ogenblik t en

U = de overeenkomstige slijtagegraad.

De krommen op figuur 2 drukken uit hoezeer metallurgische kooks en geperste kooks naargelang van de reaktietijd slijten.

Op te merken valt dat de slijtage van geperste kooks tot 50 % van zijn aanvankelijk gewicht vereist dat hij in de proefomstandigheden onderworpen wordt aan de inwerking van het CO_2 gedurende respektievelijk 250 minuten voor kooks met 85 % Lotharingse vlamkolen en 15 % Kempense vetkolen B, 450 minuten voor ERIM-kooks, 620 minuten voor DFC-kooks en 660 minuten voor BF-kooks.

Voor metallurgische kooks 30/40 en 20/25 bedraagt de tijd voor halve ontgassing tussen 1100 en 1200 minuten.

Uit een vergelijking van de verhoudingen (3) en (4) zal de experimentele grootte van R_m kunnen afgeleid worden.

Men kan immers schrijven :

$$1 - U = \frac{P}{P_0} \quad \text{en} \quad \frac{d}{dt} \ln (1 - U) = \frac{1}{P} \frac{dP}{dt} \qquad (5)$$

$$\text{waaruit :} \quad R_m = - \frac{d \ln (1 - U)}{dt} \qquad (6)$$

Hieruit vloeit voort dat, zo de cijfers van (1 — U) worden uitgezet op een semi-logaritmisch rooster met basis 10, de grootte van de reaktiviteitsindex R_m op het tijdstip t kan afgeleid worden uit de waarde van de raaklijn met de kromme $\lg_{10} (1 - U) = f(t)$ d.m.v. de formule :

$$R_m = - 2{,}3 \frac{d \log_{10} (1 - U)}{dt} \qquad (7)$$

Op figuur 3 staan enkele typevoorbeelden voor klassieke kooks en geperste kooks.

Voor een zeker aantal soorten geperste kooks (BF, ERIM en kooks met 85 % Lotharingse vlamkolen en 15 % Kempense vetkolen B) is de reaktiviteit R_m praktisch onafhankelijk van de tijd (en van de slijtagegraad) en de experimentele punten vormen rechten op het semi-logaritmische rooster *.

Hetzelfde geldt voor de op figuur 3 niet voorkomende geperste kooks Carmonoix.

* K.D. EIFERT [67] heeft in slijtageverband de reaktiesnelheid bepaald voor een vergassingstemperatuur van 900 tot 1500° C. In het domein tot 40 % slijtage en tot een temperatuur van 1100° C werd geen enkel verband vastgesteld tussen de reaktiesnelheid en de slijtage ; een bevestiging dus van de geldigheid van vergelijking (7).

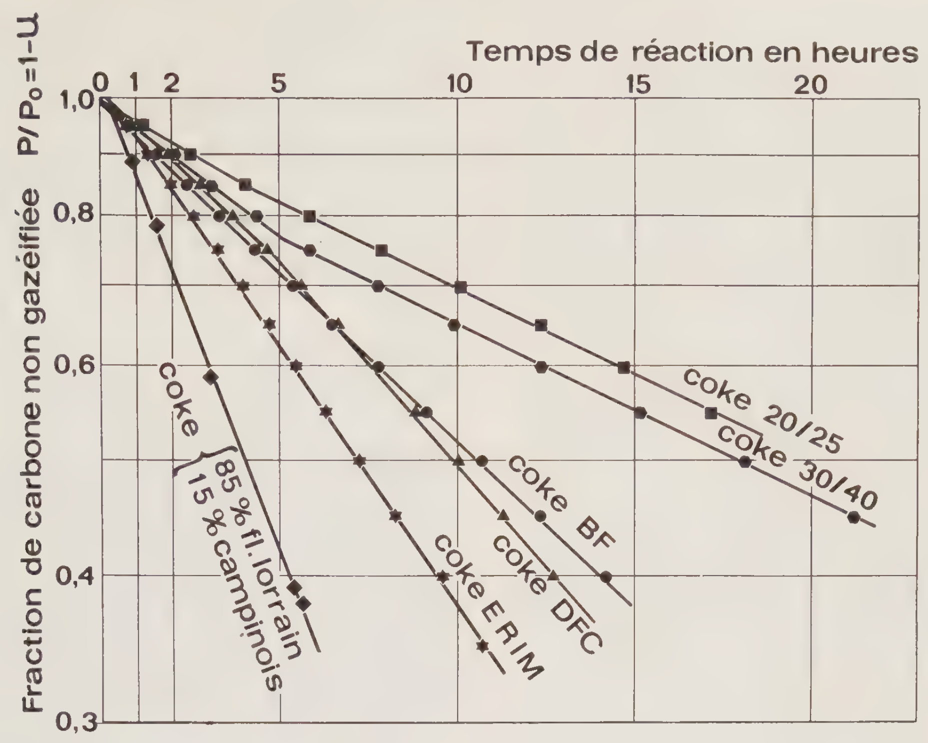


Fig. 3.

Représentation semi-logarithmique de la variation de P/P_0 en fonction du temps de réaction à 950° C pour deux cokes métallurgiques et quelques cokes moulés.

Semi-logaritmische voorstelling van de verandering van P/P_0 naargelang van de reaktietijd op 950° C voor twee metallurgische kookssoorten en enkele soorten geperste kooks.

Fraction... : Fraktie niet-vergaste koolstof.
Temps... : Reaktietijd in uren.
Coke : kooks.
Fl. lorrain : Lotharingse vlamkolen.
Campinois... : Kempense vetkolen.

Pour les cokes DFC, une accélération de l'usure (augmentation du coefficient angulaire) se produit lorsque celle-ci dépasse 10 % (P/P_0 = 0,9). La vitesse de gazéification reste alors pratiquement constante jusqu'à environ 50 % d'usure.

L'accroissement de la vitesse de gazéification observé pour les cokes moulés DFC au-delà de 50 % d'usure peut être attribué à une augmentation progressive de la réactivité chimique intrinsèque du carbone, ou encore à une variation des paramètres cinétiques de la réaction résultant de l'effet catalytique dû à l'accumulation de cendres sur la surface externe du coke moulé.

Pour les cokes classiques 20/25 et 30/40, on note en général une rupture de pente et une diminution sensible du coefficient angulaire, lorsque l'usure atteint 20 à 25 % (P/P_0 = 0,8 à 0,75).

Nous verrons plus loin que la variation de la surface spécifique de l'échantillon, en fonction de l'usure, peut expliquer ces phénomènes.

Les valeurs numériques des indices de réactivité R_m déduits de l'équation (7) sont rassemblées au tableau III.

En plus des cokes AIRBO, le tableau III reprend aussi les indices de réactivité mesurés pour 10 échantillons d'un même lot d'un coke sidérurgique classique,

Bij DFC-kooks gaat de slijtage sneller (verhoging van de hoekkoëfficiënt) als ze boven de 10 % gaat (P/P_0 = 0,9). De vergassingssnelheid blijft dan praktisch konstant tot ongeveer 50 % slijtage.

Het toenemen van de vergassingssnelheid die werd waargenomen voor geperste DFC-kooks boven de 50 % slijtage kan worden toegeschreven aan een geleidelijke verhoging van de intrinsieke scheikundige reaktiviteit van de koolstof of nog aan een verandering van de kinetische parameters van de reaktie die voortvloeit uit het katalytische effekt dat te wijten is aan de asophoping op het uitwendige oppervlak van geperste kooks.

Bij de klassieke kooks 20/25 en 30/40 noteert men over het algemeen een hellingbreuk en een gevoelige vermindering van de hoekkoëfficiënt als de slijtage 20 tot 25 % bereikt (P/P_0 = 0,8 tot 0,75).

Verderop zien we dat het variëren van het soortelijke oppervlak van het monster naargelang van de slijtage een verklaring kan vormen voor deze verschijnselen.

In tabel III zijn de cijfers van de reaktiviteitsindices R_m, afgeleid uit vergelijking (7), samengebracht.

Buiten de Airbo-kooks staan op tabel III ook de reaktiviteitsindices van 10 monsters van een zelfde lot klassieke siderurgische kooks evenals die van een serie

ainsi que ceux d'une série de cokes expérimentaux préparés par la station de recherche de l'INIEX.

La comparaison des résultats obtenus montre que l'indice de réactivité R_m est trois à quatre fois plus élevé pour les cokes moulés expérimentaux à base de flambant et de gras A ou B campinois, environ deux fois plus élevé pour les cokes moulés ERIM et DFC et une fois et demie plus élevé pour les cokes Carmonoix et BF, que la valeur moyenne de R_m obtenue pour les cokes métallurgiques.

En ce qui concerne les échantillons provenant d'un même lot de coke sidérurgique, on peut voir que la dispersion des résultats autour de la moyenne (1,215) est très élevée. Pour l'ensemble des cokes métallurgiques étudiés, et malgré la dispersion importante signalée, il semble y avoir une corrélation entre l'indice de réactivité et la densité des morceaux mesurée au mercure. Le fait que l'indice R_m diminue lorsque la densité des morceaux s'accroît implique que les phénomènes de diffusion jouent également un rôle dans la réaction de gazéification des cokes métallurgiques par le CO_2 à la température de 950° C. Autrement dit, dans des conditions déterminées de température et de pression, chaque morceau de coke présente une réactivité qui lui est propre et qui est liée à sa densité et à sa structure poreuse.

Nous verrons plus loin, au cours de l'étude des surfaces internes accessibles, que la valeur de l'indice de réactivité des cokes métallurgiques, pour un taux de gazéification inférieur à 20 %, est en corrélation étroite avec la valeur de la surface interne initiale.

experimentele kooks die door het navorsingsstation van het NIEB werden bereid.

De vergelijking van de resultaten leert ons dat de reaktiviteitsindex R_m drie- tot viermaal hoger ligt voor experimentele geperste kooks op basis van vlamkolen en van Kempense vetkolen A of B, ongeveer tweemaal hoger voor de geperste ERIM- en DFC-kooks en anderhalve maal hoger voor de Carmonoix- en BF-kooks dan de gemiddelde grootte van R_m voor metallurgische kooks.

Bij de monsters uit een zelfde partij siderurgische kooks is een zeer brede spreiding van de uitslagen rond het gemiddelde (1,215) merkbaar. Voor het geheel van de bestudeerde metallurgische kooks en ondanks de aangehaalde sterke spreiding schijnt er een zekere samenhang te bestaan tussen de reaktiviteitsindex en de met kwik gemeten dichtheid van de stukken. Het feit dat index R_m afneemt als de dichtheid van de stukken toeneemt, houdt in dat de diffusieverschijnselen eveneens een rol spelen bij de vergassingsreaktie van metallurgische kooks door CO_2 op een temperatuur van 950° C. Met andere woorden : in welbepaalde druk- en temperatuuromstandigheden biedt elk stuk kooks een reaktiviteit die hem eigen is en die verband houdt met zijn dichtheid en poreuze struktuur.

Verderop zien we tijdens de studie van de bereikbare inwendige oppervlakken dat de grootte van de reaktiviteitsindex van metallurgische kooks voor een vergassingspeil van minder dan 20 % nauw in verband staat met de grootte van het oorspronkelijke inwendige oppervlak.

4. NOTIONS D'USURES EXTERNE ET INTERNE

Dans ce qui précède, nous n'avons à aucun moment fait intervenir les notions d'interface réactionnel et de vitesse de réaction rattachée à son déplacement et à la diffusion du gaz carbonique dans le solide. C'est l'existence de ce front de réaction qui est, du point de vue cinétique, l'une des caractéristiques les plus importantes de la réaction hétérogène de gazéification des cokes moulés par le CO_2.

Il est manifeste que, pour que la réaction progresse à l'intérieur du morceau, il faut que le CO_2 puisse accéder au front réactionnel par diffusion au travers de la structure poreuse.

Dans le cas des cokes moulés, on peut considérer que la réactivité globale est la résultante d'une combinaison en proportions variables :

1°) du processus de gazéification superficielle donnant lieu à une réduction du volume du morceau;

2°) du processus de transfert du CO_2 au voisinage de l'interface avec gazéification interne et déplacement du front de réaction vers l'intérieur du morceau.

4. DE BEGRIPPEN UITWENDIGE EN INWENDIGE SLIJTAGE

In deze uiteenzetting hebben we tot nog toe nergens de begrippen reaktietussenvlak en reaktiesnelheid, gekoppeld aan zijn verplaatsing en aan de diffusie van koolstofgas in de vaste stof, laten meespelen. Vanuit kinetisch standpunt is het bestaan van dit reaktiefront een van de belangrijkste kenmerken van de heterogene reaktie van vergassing met CO_2 van geperste kooks.

Opdat de reaktie in het stuk zou vooruitgaan, is het duidelijk dat het CO_2 dient te kunnen doordringen tot het reaktiefront door zich door de poreuze struktuur heen te diffunderen.

Bij geperste kooks mag aangenomen worden dat de globale reaktiviteit het resultaat is van een kombinatie in veranderlijke proporties :

1°) van het vergassingsproces aan de oppervlakte dat een inkrimping van het volume van het stuk meebrengt;

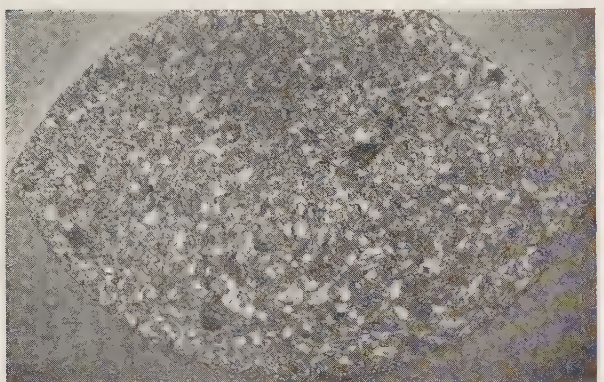
2°) van het proces van CO_2-overdracht naar de omgeving van het tussenvlak met interne vergassing en verplaatsing van het reaktiefront naar het binnenste van het stuk toe.

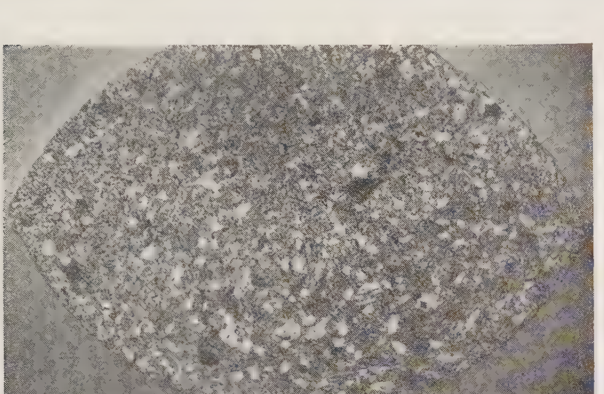
L'influence relative de ces deux processus sur la cinétique globale peut varier avec les conditions opératoires (température de gazéification et débit de CO_2), avec la nature des constituants du coke moulé et avec la succession des conditions expérimentales auxquelles il a été soumis. L'existence d'un front réactionnel et son déplacement, ainsi que le développement de la gazéification interne, sont illustrés par les photographies de coupes transversales de cokes moulés DFC gazéifiés à 950° C (fig. 4).

Des mesures effectuées sur des cokes moulés d'origines diverses, après inclusion dans la résine Palatal

De relatieve invloed van deze twee processen op de globale kinetiek kan veranderen met de werkvoorwaarden (vergassingstemperatuur, CO_2-debiet), met de aard van de bestanddelen van de geperste kooks en met de opeenvolging van de experimentele omstandigheden waaraan de geperste kooks onderhevig is. De foto's van dwarsdoorsneden van op 950° C vergaste geperste kooks DFC geven een beeld van het bestaan van een reaktiefront en zijn verplaatsing evenals van de ontplooiing van de interne vergassing (fig. 4).

Uit metingen die werden uitgevoerd op geperste kooks van diverse oorsprong die in Palatal-hars lag en





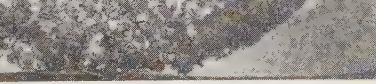
Tel quel

Fig. 4.

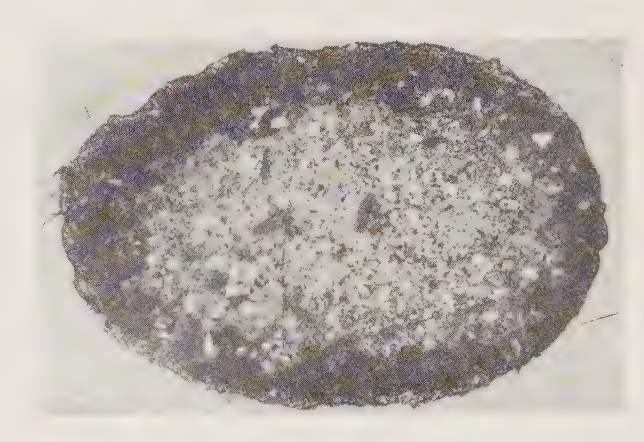
Photographies de coupes transversales de cokes moulés DFC gazéifiés par l'anhydride carbonique à 950° C.

Foto's van dwarsdoorsneden van geperste DFC-kooks die op 950° C met kooldioxyde werden vergast.

Tel quel : onbewerkt.
U : slijtage.



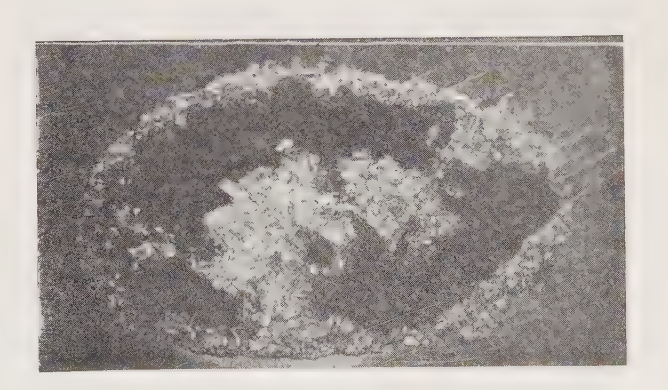
U = 16,6 %



U = 42,4 %



U = 23,9 %



U = 66,3 %

et polissage, montrent que la localisation du front réactionnel se situe à environ 0,25 cm pour 10 % d'usure pour atteindre 0,50 cm pour 50 % d'usure, tandis que la gazéification externe équivaut à une réduction du rayon fictif correspondant approximativement au 1/5 de cette valeur.

L'influence relative du processus de gazéification superficielle et du processus de gazéification interne résultant de la diffusion du CO_2 dans la structure poreuse du coke peut être mise en évidence par l'étude simultanée de la diminution du poids, de la diminution du volume et de la diminution de la densité des échantillons.

Si nous considérons un échantillon de coke de poids P, de volume V et de densité δ, la mise en équation du phénomène peut se faire comme suit :

$$P = V \cdot \delta \qquad (8)$$

$$\frac{d \lg P}{dt} = \frac{d \lg V}{dt} + \frac{d \lg \delta}{dt} \qquad (9)$$

Ou encore sous forme différentielle :

$$\frac{dP}{P} = \frac{dV}{V} + \frac{d\delta}{\delta} \qquad (10)$$

Cette relation exprime que l'usure relative totale dP/P peut être considérée comme la somme d'une usure relative externe par diminution de volume (dV/V) et d'une usure relative interne par diminution de densité ($d\delta/\delta$).

Ceci conduit à poser :

$$R_m = k_e + k_i \qquad (11)$$

En désignant par k_e et k_i les indices d'usures « externe » et « interne » définis par les relations :

$$k_e = - \frac{d \ln V}{dt} \qquad (12)$$

$$k_i = - \frac{d \ln \delta}{dt} \qquad (13)$$

Nous avons vu plus haut que la valeur de R_m peut être calculée à partir de la valeur de la tangente de la courbe obtenue en reportant l'évolution du rapport $P/P_0 = f(t)$ sur un diagramme semi-logarithmique.

On peut procéder de la même façon pour calculer la valeur de k_e à partir du report des valeurs expérimentales de V/V_0, les valeurs des volumes V_0 et V étant obtenues par détermination de la poussée d'Archimède sur des échantillons immergés dans le mercure.

La figure 5 illustre les résultats obtenus en opérant sur deux types de cokes métallurgiques et sur trois types de cokes moulés.

L'alignement des points expérimentaux est forcément moins satisfaisant que celui qu'il est possible d'obtenir

gepolijst was, blijkt dat het reaktiefront op ongeveer 0,25 cm gelokalizeerd wordt voor 10 % sleet om 0,50 cm te bereiken voor 50 % slijtage terwijl de uitwendige vergassing gelijk staat met een inkrimping van de fiktieve straal die bij benadering overeenkomt met 1/5 van deze grootte.

Welke relatieve invloed het proces van oppervlaktevergassing en het proces van inwendige vergassing als gevolg van de diffusie van CO_2 in de poreuze struktuur van kooks hebben, kan worden aangetoond door de gewichtsvermindering, de volume-inkrimping en het afnemen van de dichtheid van de monsters gelijktijdig te bestuderen.

Nemen we een kooksmonster met gewicht P, met volume V en met dichtheid δ, dan kan het verschijnsel als volgt in een vergelijking worden gezet :

$$P = V \cdot \delta \qquad (8)$$

$$\frac{d \lg P}{dt} = \frac{d \lg V}{dt} + \frac{d \lg \delta}{dt} \qquad (9)$$

Of ook in differentiële vorm :

$$\frac{dP}{P} = \frac{dV}{V} + \frac{d\delta}{\delta} \qquad (10)$$

Deze verhouding drukt uit dat de totale relatieve sleet dP/P kan beschouwd worden als de som van een uitwendige relatieve slijtage wegens volume-inkrimping (dV/V) en een inwendige relatieve slijtage wegens dichtheidsvermindering ($d\delta/\delta$).

Dit leidt tot de stelling :

$$R_m = k_e + k_i \qquad (11)$$

waarbij k_e en k_i de « uitwendige » en « inwendige » slijtageïndexen aanduiden die door de volgende verhoudingen worden bepaald :

$$k_e = - \frac{d \ln V}{dt} \qquad (12)$$

$$k_i = - \frac{d \ln \delta}{dt} \qquad (13)$$

Hogerop hebben we gezien dat de grootte R_m kan berekend worden uit de grootte van de raaklijn met de kromme die wordt verkregen door het verloop van de verhouding $P/P_0 = f(t)$ op een semi-logaritmisch diagram uit te zetten.

Zo kan ook de grootte k_e berekend worden op basis van de uiteenzetting van de experimentele cijfers van V/V_0; de grootte van de volumes V_0 en V wordt bekomen door de druk van Archimedes op in kwik ondergedompelde monsters te meten.

Figuur 5 is een illustratie bij de resultaten van proeven met twee types van metallurgische kooks en met drie types van geperste kooks.

Het in lijn brengen van de experimentele punten schenkt natuurlijk minder bevrediging dan wat bereikt

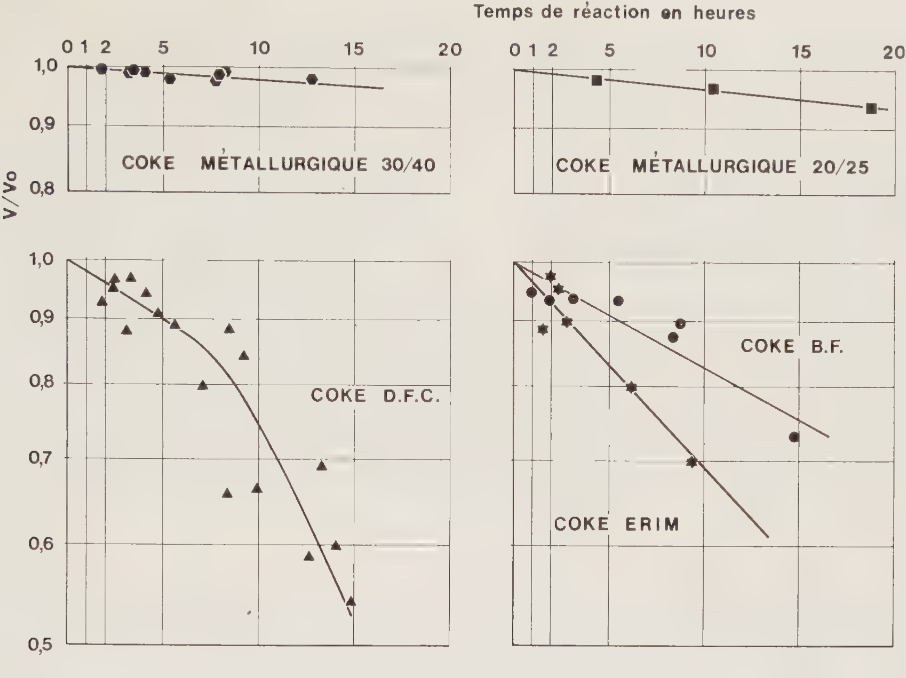


Fig. 5.

Représentation en coordonnées semi-logarithmiques de l'usure externe des cokes en fonction du temps de réaction à 950° C.

Voorstelling in semi-logaritmische koördinaten van de uitwendige slijtage van kooks naargelang van de reaktietijd op 950° C.

Temps... : reaktietijd in uren. *Coke métallurgique* : metallurgische kooks.

par l'étude des pertes de poids. En effet, dans l'étude des variations de volume, il n'est pas possible de suivre un même échantillon dans son évolution en fonction du temps ; chaque point expérimental correspond à un échantillon différent, dont la gazéification a été interrompue après un temps d'expérience déterminé, et la dispersion des valeurs est accrue par le fait qu'il est impossible de trouver des échantillons ayant des caractéristiques de porosité et de réactivité rigoureusement identiques.

L'examen de la figure 5 montre cependant que, pour les deux cokes métallurgiques, ainsi que pour les cokes moulés ERIM et BF, les points sont relativement bien alignés, alors que pour le coke DFC on observe une augmentation de l'indice d'usure externe en fonction du temps, tout comme on avait observé une augmentation de la vitesse globale de réaction (fig. 3).

Le tableau IV regroupe les valeurs moyennes obtenues pour k_e et pour R_m à partir des différents types de cokes qui ont été expérimentés.

On peut remarquer que l'usure externe est très faible pour les cokes métallurgiques, environ 5 à 10 % de l'usure totale, tandis qu'elle est très importante pour tous les cokes moulés. Dans le cas des cokes moulés AIRBO, l'usure externe est comprise entre 30 et 40 % et elle atteint 50 % et plus dans le cas des cokes moulés expérimentaux.

kan worden met de studie van het gewichtsverlies. Bij de studie van de volumewisselingen is het echter onmogelijk te volgen hoe een zelfde monster in tijdverband evolueert ; ieder experimenteel punt komt overeen met een ander monster waarvan de vergassing na een bepaalde beproevingstijd werd onderbroken en de grootten liggen verder uit elkaar door het feit dat monsters met streng identieke porositeits- en reaktiviteitskenmerken niet kunnen gevonden worden.

Bij onderzoek van figuur 5 blijkt nochtans dat de punten betrekkelijk goed afgelijnd zijn voor twee soorten metallurgische kooks evenals voor de geperste ERIM- en BF-kooks terwijl voor DFC-kooks een toename van de index voor de uitwendige sleet in tijdverband wordt waargenomen zoals men ook een verhoging van de globale reaktiesnelheid had opgemerkt (fig. 3).

Op tabel IV worden de gemiddelde cijfers van k_e en van R_m voor verschillende kookstypes samengebracht.

Opmerkelijk is dat de uitwendige slijtage zeer gering is voor metallurgische kooks — ongeveer 5 tot 10 % van de totale slijtage — terwijl dit zeer hoog ligt voor alle types geperste kooks. Bij geperste Airbokooks ligt de uitwendige slijtage tussen 30 en 40 % en ze gaat tot 50 % en meer bij experimentele geperste kooks.

Tableau IV. — *Comparaison du degré de gazéification externe des cokes* Tabel IV. — *Vergelijking van de uitwendige vergassingsgraad van kooks*

Désignation des cokes	Usure totale $R_m \cdot 10^5$ [s^{-1}] / Totale slijtage $R_m \cdot 10^5$ [s^{-1}]	Usure externe $k_e \cdot 10^5$ [s^{-1}] / Uitwendige slijtage $k_e \cdot 10^5$ [s^{-1}]	Usure interne $k_i \cdot 10^5$ [s^{-1}] / Inwendige slijtage $k_i \cdot 10^5$ [s^{-1}]	Degré de gazéification externe (%) φ e / Uitwendige vergassingsgraad % φ e	Omschrijving van de kooks
Cokes métallurgiques de Zeebrugge					*Metallurgische kooks uit Zeebrugge*
Nº d'essais 535/5	1,012	0,011	1,001	1,1	Proefnummer 535/5
539/14	0,652	0,018	0,634	2,8	539/14
536/10	1,334	0,099	1,235	7,4	536/10
541/15	0,583	0,010	0,573	1,7	541/15
542/25	1,158	0,067	1,091	5,8	542/25
543/20	1,809	0,121	1,688	6,7	543/20
537/11	1,219	0,048	1,171	3,9	537/11
544/2	2,227	0,089	2,138	4,0	544/2
538/13	1,242	0,056	1,186	4,5	538/13
545/24	0,701	0,040	0,661	5,7	545/24
Cokes AIRBO					*Airbo-kooks*
Métallurgique 20/25	1,149	0,100	1,049	8,7	Metallurgische 20/25
Métallurgique 30/40	1,429	0,057	1,372	4,0	Metallurgische 30/40
Moulé BF	1,770	0,521	1,249	29,4	Geperste kooks BF
Moulé Carmonoix	1,938	0,583	1,355	30,1	Geperste kooks Carmonoix
Moulé DFC	2,303	0,882	1,421	38,3	Geperste kooks DFC
Moulé ERIM	2,834	1,020	1,814	36,0	Geperste kooks ERIM
Cokes expérimentaux					*Experimentele kooks*
85 % Flambant Lorrain 15 % Gras B Campinois	5,000	1,629	3,371	32,6	85 % Lotharingse vlamkolen 15 % Kempense vetkolen B
70 % Flambant Anglais 30 % Gras B + 10 % Brai	4,092	2,036	2,056	49,9	70 % Engels vlamkolen 30 % vetkolen B + 10 % pek
85 % Gras B Campinois 15 % Minette + 10 % Brai	3,747	2,122	1,625	56,6	85 % Kempense vetkolen B 15 % minette + 10 % pek
90 % Gras A Campinois + 10 % Minette	3,609	1,708	1,901	47,4	90 % Kempense vetkolen A 10 % minette
90 % Colard 10 % Gras B + 10 % Brai	3,904	1,901	2,003	48,7	90 % Colard 10 % vetkolen B + 10 % pek
80 % Illinois frais 20 % Illinois oxydé + 10 % Brai	4,907	3,240	1,667	66,0	80 % onbewerkte Illinois-kolen 20 % geoxyd. Ill.-kolen + 10 % pek

La forte proportion d'usure externe que l'on observe pour les cokes moulés constitue un défaut grave et permet d'expliquer certaines anomalies dans leur comportement au haut fourneau expérimental [227].

En effet, l'usure externe entraîne une dégradation de la surface des agglomérés, qui favorise l'entraînement de poussières dans les gaz de gueulard et la présence de particules de carbone dans le laitier.

Par ailleurs, la réduction de volume résultant de l'usure externe entraîne une diminution du volume utile qui subsiste lorsque le coke moulé parvient dans les zones les plus chaudes du haut fourneau et il peut en résulter un défaut de porosité de la charge et un ralentissement des réactions par suite de la réduction des surfaces de contact gaz-solide.

5. EVOLUTION DE LA SURFACE SPECIFIQUE INTERNE DES COKES EN FONCTION DE L'USURE

On a mesuré les surfaces spécifiques internes des cokes avant et après chaque mesure de la réactivité en utilisant la vapeur d'eau comme adsorbat. Cette mesure, bien qu'imparfaite et ne fournissant au surplus qu'un ordre de grandeur, est néanmoins fort utile pour comparer les microstructures des cokes étudiés en fonction de l'usure subie. Les morceaux de coke sont introduits dans une étuve bactériologique où l'on maintient une humidité relative de 95 % à la température de 25° C.

Les cokes moulés possèdent un pouvoir d'adsorption beaucoup plus grand que les cokes ordinaires, comme le montre la figure 6. Dans celle-ci, on donne, pour cinq types de cokes, l'eau adsorbée en % pour des durées d'exposition allant jusqu'à 16 jours. Dans les premières vingt-quatre heures, l'humidité du coke ordinaire et celle des cokes moulés diffèrent énormément l'une de l'autre.

L'humidité du coke ordinaire et du Formkoks BF cesse pratiquement de se modifier, tandis que celle des cokes moulés Carmonoix, ERIM et DFC continue d'augmenter. Au bout de 100 heures, on peut toutefois remarquer que l'on se trouve, au point de vue accroissement de la capacité de rétention d'eau, dans des états comparables pour tous les cokes expérimentés.

Dès lors, à partir de la quantité d'eau adsorbée au terme d'une exposition prolongée de 100 h, on a calculé la surface totale en tenant compte de l'encombrement superficiel s de la molécule d'eau. Nous avons utilisé le diamètre de la sphère d'interaction calculée pour l'eau à l'état liquide; à la température de 25° C, on obtient :

$$\sigma = [1{,}91 \frac{M}{N \cdot D}]^{1/3} \qquad (14)$$

De bij geperste kooks waargenomen sterke proportie uitwendige slijtage is een ernstig gebrek en maakt het mogelijk bepaalde anomalieën in hun gedraging in de experimentele hoogoven te verklaren [227].

De uitwendige slijtage brengt inderdaad een beschadiging van het oppervlak van de agglomeraten mee, wat het meevoeren van stof in het gas in de hoogovenmond en het voorkomen van koolstofdeeltjes in de slak begunstigt.

De volume-inkrimping als gevolg van de uitwendige slijtage brengt anderzijds een vermindering mee van het nuttige volume dat behouden blijft als de geperste kooks in de heetste zones van de hoogoven komt en hieruit kan een porositeitsgebrek van de lading en een vertraging van de reakties als gevolg van de inkrimping van de kontaktoppervlakken gas-vaste stof voortvloeien.

5. VERLOOP VAN HET INWENDIGE SOORTELIJKE OPPERVLAK NAARGELANG VAN DE SLIJTAGE

Voor en na elke reaktiviteitsmeting werd het inwendige soortelijke oppervlak van de kooks gemeten, waarbij waterdamp als geadsorbeerd bestanddeel werd gebruikt. Al is deze meting niet perfekt en levert ze bovendien slechts een grootteorde op, ze is niettemin erg nuttig voor de vergelijking van de mikrostrukturen van de bestudeerde kookssoorten in het kader van de ondergane slijtage. De stukken kooks worden in een bakteriologische oven gezet waarin een relatieve vochtigheid van 95 % bij een temperatuur van 25° C wordt aangehouden.

Zoals uit figuur 6 blijkt, bezit geperste kooks een veel groter adsorptievermogen dan gewone kooks. Op deze figuur wordt voor vijf kookstypes aangegeven hoeveel procent water ze hebben geadsorbeerd in een periode die tot zestien dagen kan belopen. Tussen de vochtigheid van gewone kooks en die van geperste kooks is er een enorm verschil tijdens de eerste vierentwintig uur.

Dan wijzigt de vochtigheid van gewone kooks en van Formkooks BF zich praktisch niet meer terwijl die van Carmonoix-, ERIM- en DFC-kooks blijft toenemen. Na 100 uur kan echter opgemerkt worden dat de toestand voor alle experimentele kookssoorten met elkaar kan vergeleken worden inzake groei van het waterophoudingsvermogen.

Dan werd de totale oppervlakte berekend met als uitgangspunt de hoeveelheid water die werd geadsorbeerd nadat de kooks 100 uur in water had gelegen, en rekening houdend met de oppervlaktebeneming s van de molekulen water. We hebben de doormeter van de wisselwerkingssfeer, berekend voor water in vloeibare toestand, gebruikt; bij een temperatuur van 25° C verkrijgt men :

$$\sigma = [1{,}91 \frac{M}{N \cdot D}]^{1/3} \qquad (14)$$

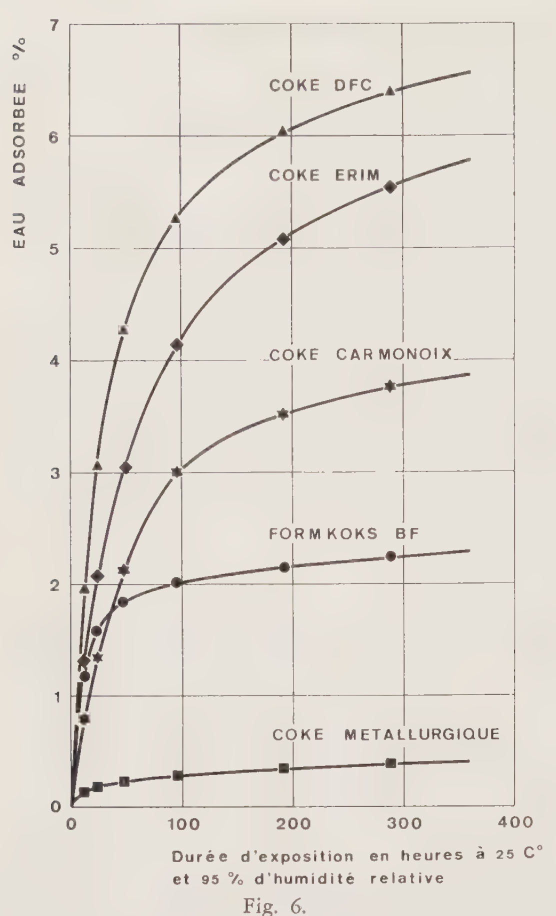


Fig. 6.

Variation de l'humidité d'un coke métallurgique et de quelques cokes moulés, en fonction de la durée de saturation par la vapeur d'eau à 25° C et 95 % d'humidité relative.

Variatie van de vochtigheid van metallurgische kooks en enkele soorten geperste kooks naargelang van de periode van verzadiging door waterdamp bij 25° C en 95 % relatieve vochtigheid.
Eau adsorbée % : percentage geadsorbeerd water.
Coke métallurgique : metallurgische kooks.
Durée... : Tijd in uren die de kooks bij 25° C en 95 % relatieve vochtigheid in het water heeft gelegen.

M, N et D représentent respectivement la masse moléculaire, le nombre d'Avogadro et la densité à l'état liquide :

M = 18,015 g; N = 6,02295 × 10^{23}/mole;
D (25° C) liquide = 0,997044 g/litre,
d'où σ = 3,85 Å et s = 14,8 Å^2.

En couche monomoléculaire, 1 mg d'eau recouvre donc une surface de 4,95 m^2.

Si l'on représente par Cs la teneur en cendres du coke et par He_{ads} l'eau fixée par 100 g de coke mis en équilibre hygrométrique à 25° C dans une atmosphère à 95 % d'humidité relative, pour 100 g de coke sec sans cendres, on aboutit à l'équation :

$$S\,[m^2 . g^{-1}] = 49{,}5 \frac{He_{ads} \times 100}{100 - (He_{ads} + Cs')} \qquad (15)$$

Les valeurs des surfaces internes spécifiques, calculées par cette formule pour les divers cokes, sont données dans le tableau V et représentées en fonction de l'usure à la figure 7.

M, N en D vertegenwoordigen respektievelijk de molekulaire massa, het aantal Avogadro en de dichtheid in vloeibare toestand :

M = 18,015 g; N = 6,02295 × 10^{23}/mol;
D (25° C) vloeistof = 0,997044 g/liter,
vanwaar : σ = 3,85 Å en s = 14,8 Å^2.

In een monomolekulaire laag bedekt 1 mg water dus een oppervlakte van 4,95 m^2.

Als men door Cs het asgehalte van kooks voorstelt en door He_{ads} het water dat wordt vastgehouden door 100 g kooks die in hygrometrisch evenwicht werd gebracht bij 25° C in een atmosfeer met een relatieve vochtigheid van 95 %, dan komt men voor 100 g droge kooks zonder as tot de volgende vergelijking :

$$S\,[m^2 . g^{-1}] = 49{,}5 \frac{He_{ads} \times 100}{100 - (He_{ads} + Cs')} \qquad (15)$$

Hoe groot het inwendige soortelijke oppervlak is dat voor de diverse kookstypen met deze formule werd berekend, wordt in tabel V aangegeven en op figuur 7 in slijtageverband voorgesteld.

Reeds bij de grootteorde van de oorspronkelijke inwendige soortelijke oppervlakken kan een fundamenteel verschil worden opgemerkt. Voor geperste kooks liggen de cijfers vijf- tot tienmaal hoger dan voor klassieke

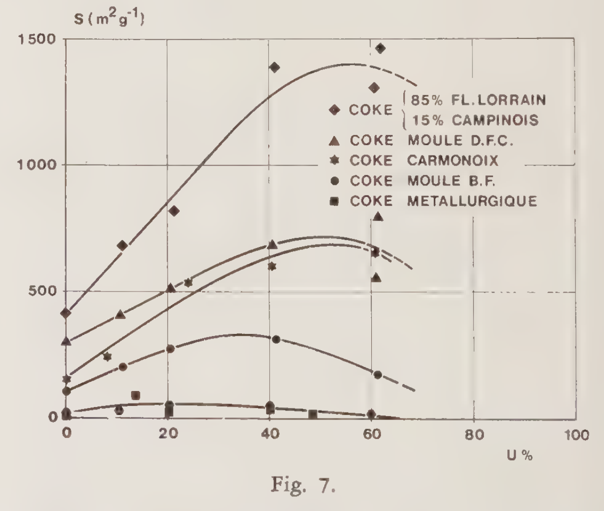


Fig. 7.

Variations des surfaces spécifiques internes des cokes en fonction du taux d'usure. Température de gazéification 950° C - Adsorbat : H_2O à 25° C et 95 % d'humidité relative.

Verandering van het inwendige soortelijke oppervlak van kooks naargelang van de slijtagegraad.

Vergassingstemperatuur : 950° C.
Geadsorbeerd bestanddeel : H_2O bij 25° C en 95 % relatieve vochtigheid.

◆ = kooks { 85 % Lotharingse vlamkolen / 15 % Kempense kool
▲ = geperste kooks DFC.
* = Carmonoix-kooks.
● = geperste kooks BF.
■ = metallurgische kooks.
U % = slijtageprocent.

On peut déjà observer une différence fondamentale dans les ordres de grandeur des surfaces internes spécifiques initiales. Les valeurs relatives aux cokes moulés sont 5 à 10 fois plus élevées que celles des cokes classiques. Cette classification repose sur le fait que la structure cellulaire initiale a été conservée ou pas. Les charbons, qui ont servi à la préparation des cokes classiques, sont passés par un stade de fusion qui a détruit complètement la structure cellulaire initiale, ce qui n'est généralement pas le cas pour les cokes moulés.

Pour les agglomérés, la surface spécifique interne est liée à la quantité d'inerte ou de charbon infusible.

Au cours de la gazéification, les surfaces spécifiques internes se développent pour donner un accroissement linéaire jusqu'à un certain taux d'usure, après quoi elles passent par un maximum, puis décroissent.

Pour les deux cokes métallurgiques AIRBO, le maximum se situe aux environs de 20 % d'usure et correspond approximativement au double de la surface initiale. Pour les cokes moulés BF, Carmonoix et DFC, les maxima se déplacent sur l'axe des abscisses avec l'accroissement des surfaces internes accessibles.

En ce qui concerne les cokes expérimentaux, on peut voir que les surfaces spécifiques évoluent d'une façon similaire, sauf pour les deux séries de cokes incorporant des minettes de Lorraine. Dans ces deux cas, les surfaces n'augmentent que très légèrement avec le taux d'usure.

De telles courbes de variation des surfaces massiques en fonction du degré d'usure ont été obtenues par H. Guérin (109) pour les cokes de Carling, Reden et Liévin gazéifiés dans l'oxygène à 500° C.

La gazéification du coke provoque l'ouverture d'une porosité fermée qui la rend peu à peu accessible au gaz réactionnel et entraîne un développement de la surface mesurée. L'accroissement du diamètre des pores accessibles tend au contraire à la diminuer; ce dernier phénomène l'emporte bientôt sur le premier, ce qui explique que la surface passe par un maximum. Ceci peut contribuer à la compréhension du changement de réactivité observé au cours de la gazéification des cokes métallurgiques aux environs de 20 % d'usure.

L'importance de la texture des cokes métallurgiques se manifeste d'une manière très nette et apparaît comme la cause essentielle des différences de carboxyréactivité observées entre des cokes ayant une origine commune.

Sur la figure 8, on a reporté les indices de réactivité R_m pour un degré d'usure inférieur à 20 % en fonction de la surface spécifique interne des cokes avant gazéification.

La répartition des résultats autour de la droite statistique montre que, malgré la dispersion importante, il existe une liaison fonctionnelle entre les variables.

Le coefficient de corrélation r est défini de la manière suivante :

$$r = C/\sigma_{S_o} \cdot \sigma_{R_m} = +0{,}61$$

kooks. Deze klassifikatie berust op het feit dat de aanvankelijke celstruktuur al dan niet werd behouden. Steenkolen die voor de bereiding van klassieke kooks hebben gediend, hebben een smeltstadium doorgemaakt dat de oorspronkelijke celstruktuur volledig heeft vernietigd, wat over het algemeen niet het geval is voor geperste kooks.

Bij agglomeraten is het interne soortelijke oppervlak gebonden aan de hoeveelheid inerte stof of onsmeltbare steenkool.

Tijdens de vergassing neemt het inwendige soortelijke oppervlak tot een bepaald slijtageprocent lineair toe waarna het naar een maximum gaat en vervolgens afneemt.

Voor twee soorten metallurgische kooks Airbo ligt het maximum om en bij de 20 % slijtage en komt bij benadering overeen met het dubbele van het oorspronkelijke oppervlak. Voor de geperste kooks BF, Carmonoix en DFC verplaatsen de maxima zich op de as van de abscis met het toenemen van de bereikbare inwendige oppervlakken.

Bij de experimentele kookstypes ziet men het soortelijke oppervlak op een gelijkaardige manier evolueren tenzij voor de twee reeksen kooks waarin minette uit Lotharingen werd geïnkorporeerd. In die beide gevallen verhoogt het soortelijke oppervlak slechts zeer lichtjes met de slijtagegraad.

H. Guerin [109] heeft dergelijke krommen om de verandering van het massa-oppervlak in het kader van de slijtagegraad uitgewerkt voor Carling-, Reden- en Liévingkooks die op 500° C in zuurstof werden vergast.

De vergassing van kooks veroorzaakt de opening van een gesloten porositeit die ze stilaan toegankelijk maakt voor het reaktiegas en een uitbreiding van de gemeten oppervlakte meebrengt. Het toenemen van de diameter van de toegankelijke poriën vertoont daarentegen de neiging ze te verminderen; dit laatste verschijnsel wint het dra van het eerste wat verklaart dat het oppervlak via een maximum gaat. Dit kan een hulp zijn om de reaktiviteitsverandering tijdens de vergassing van metallurgische kooks bij ongeveer 20 % slijtage te begrijpen.

Het belang van de textuur van metallurgische kooks manifesteert zich zeer duidelijk en schijnt zoals de hoofdoorzaak van de carboxyreaktiviteitsverschillen tussen diverse kookssoorten een gemeenschappelijke oorsprong te hebben.

Op figuur 8 werden de reaktiviteitsindices R_m uitgezet voor een slijtagegraad van minder dan 20 % naargelang van het inwendige soortelijke oppervlak van kooks voor de vergassing.

Uit de verdeling van de uitslagen rond de statistische rechte blijkt dat er ondanks de grote spreiding een funktioneel verband bestaat tussen de variabelen.

De korrelatiekoëfficiënt r wordt op de volgende wijze berekend :

$$r = C/\sigma_{S_o} \cdot \sigma_{R_m} = +0{,}61$$

où C est égal à la covariance et $\sigma_{S_o} \cdot \sigma_{R_m}$ le produit des écarts types.

Puisque $r < 1$ et différent de 0, on peut conclure qu'il y a corrélation significative entre les deux variables.

En réalité, l'interprétation doit encore tenir compte d'un autre facteur d'ordre physique : le degré de perméabilité des divers morceaux de cokes, dicté par les pores de toutes dimensions. Il s'ensuit que la vitesse de diffusion interne et la vitesse de gazéification dépendent du volume total des pores et surtout de leur répartition.

Si l'on veut bien se rappeler qu'au-delà de 20 % d'usure la valeur des coefficients angulaires des droites qui définissent l'indice de réactivité reste constante pour des taux d'usure allant jusqu'à 60 %, il faut admettre qu'il n'y a aucune relation entre la réactivité et la surface spécifique développée au cours de la gazéification. J.H. Blake et coll. [27], dans leur étude sur la réactivité des carbones poreux, arrivent à la même conclusion et ils émettent l'hypothèse de la régénération des sites réactifs chaque fois qu'un atome de carbone quitte l'état solide sous forme de CO.

Si l'on tient compte que la surface spécifique interne est presque exclusivement déterminée par le système microporeux < 10 Å, il est alors vraisemblable que le processus de gazéification par le CO_2 ait lieu préférentiellement dans les systèmes de pores plus grands et pour lesquels existe une diffusion gazeuse libre.

waarin C gelijk is aan de covariantie en $\sigma_{S_o} \cdot \sigma_{R_m}$ het produkt van de typeverschillen.

Vermits $r < 1$ en verschillend van nul, mag besloten worden dat er een tussen de twee variabelen een zinvol verband bestaat.

In werkelijkheid moet de interpretatie nog rekening houden met een andere faktor van fysieke aard : de permeabiliteitsgraad van de diverse kooksstukken, opgelegd door poriën van alle mogelijke afmetingen. Hieruit volgt dat de inwendige diffusiesnelheid en de vergassingssnelheid afhankelijk zijn van het totale volume van de poriën en vooral van hun verdeling.

Men dient zich wel te herinneren dat de grootte van de hoekkoëfficiënten van de rechten die de reaktiviteitsindex bepalen, boven de 20 % slijtage konstant blijft voor slijtageprocenten die gaan tot 60 %; dan dient te worden aangenomen dat er geen verband bestaat tussen de reaktiviteit en het soortelijke oppervlak dat zich tijdens de vergassing ontwikkelt. J.H. Blake en koll.[27] hebben in hun studie over de reaktiviteit van poreuze koolstoffen hetzelfde besluit getrokken en ze zetten de hypotese vooruit van de vernieuwing van de reaktieve plaatsen telkens een koolstofatoom de vaste toestand verlaat in de vorm van CO.

Zo ermee rekening wordt gehouden dat het inwendige soortelijke oppervlak bijna uitsluitend bepaald wordt door het mikroporeuze systeem < 10 Å, dan dient het vergassingsproces met CO_2 waarschijnlijk bij voorkeur plaats te vinden in systemen met grotere poriën waarvoor een vrije gasdiffusie bestaat.

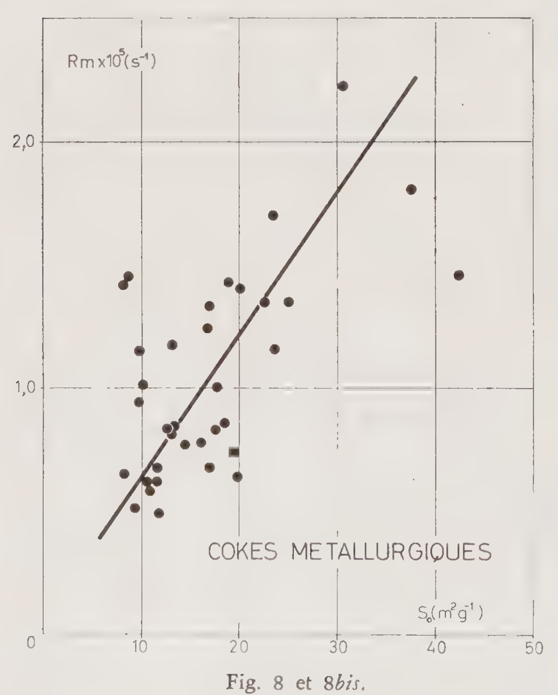


Fig. 8 et 8*bis*.

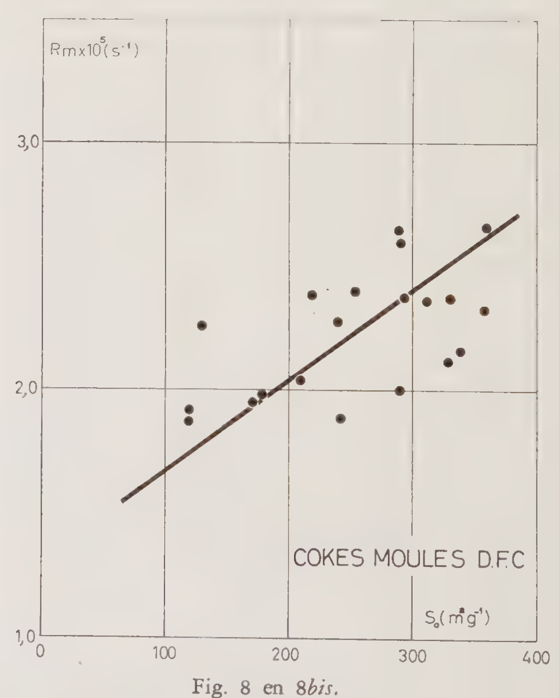


Fig. 8 en 8*bis*.

Corrélation entre l'indice de réactivité R_m mesuré à 950° C et la surface spécifique interne des cokes métallurgiques et des cokes moulés DFC avant gazéification.

Verband tussen de op 950° C gemeten reaktiviteitsindex R_m en het inwendige soortelijke oppervlak van metallurgische kooks en geperste kooks DFC voor de vergassing.

Cokes métallurgiques ; metallurgische kooks.

Cokes moulés DFC : geperste kooks DFC.

Des mesures de volumes poreux en fonction de la répartition des pores pour des taux de gazéification variables, réalisées par K.D. Eifert [67], ont montré effectivement que c'est principalement dans le domaine des pores compris entre 10^3 Å et 10^5 Å que la substance du coke participe à la réaction de gazéification, c'est-à-dire dans le domaine supérieur au libre parcours moyen des molécules de CO_2 dans les conditions normales.

En ce qui concerne les cokes moulés, dont l'indice de réactivité par unité de surface est dix fois plus faible que pour les cokes métallurgiques, on trouve également une relation simple entre cet indice et la surface interne mesurée avant gazéification. Ainsi, dans le cas des cokes moulés DFC, par exemple (fig. 8bis), l'indice de réactivité reste compris dans les limites 1,9-2,7 s^{-1}, lorsque les surfaces internes S_0 varient de 120 à 360 m^2/g. On peut faire les mêmes constatations pour les cokes BF et ERIM. Seuls les cokes expérimentaux, constitués par un charbon flambant ou une fraction de charbon oxydé, présentent des indices et des surfaces correspondants plus élevés, valeur plus élevée de S_0 qui peut d'ailleurs s'expliquer par la présence de groupes fonctionnels polaires, la surface étant mesurée par adsorption de vapeur d'eau. Il apparaît également que le développement considérable de la surface interne au cours de la gazéification n'exerce aucune influence sur la réactivité des cokes moulés : l'indice de réactivité reste constant au moins jusqu'à 50 % d'usure.

In het licht van de poriënverdeling heeft K.D. Eifert [67] het poreuze volume gemeten voor veranderlijke vergassingsniveaus en die metingen hebben inderdaad aangetoond dat de kookssubstantie voornamelijk in het domein van de poriën tussen 10^3 Å en 10^5 Å deelneemt aan de vergassingsreaktie, d.w.z. in het vlak boven het gemiddelde vrije parcours van de CO_2-molekulen in normale omstandigheden.

Voor geperste kooks waarvan de reaktiviteitsindex per oppervlakte-eenheid tienmaal lager is dan van metallurgische kooks, vindt men eveneens een eenvoudige relatie tussen deze index en het voor de vergassing gemeten inwendige oppervlak. Zo blijft de reaktiviteitsindex bij geperste kooks DFC bijvoorbeeld (fig. 8bis) begrepen binnen de grenzen 1,9-2,7 s^{-1} terwijl de interne oppervlakken S_0 veranderen van 120 tot 360 m^2/g. Hetzelfde kan vastgesteld worden voor BF- en ERIM-kooks. Enkel de experimentele kookstypen die zijn samengesteld uit vlamkool of een gedeelte geoxydeerde kool, hebben overeenkomstige hogere indices en oppervlakken, een hogere S_0-waarde die trouwens kan verklaard worden door het voorkomen van polaire funktionele groepen waarbij het oppervlak d.m.v. waterdampadsorptie werd gemeten. Ook schijnt de aanmerkelijke uitbreiding van het inwendige oppervlak tijdens de vergassing geen enkele invloed te hebben op de reaktiviteit van geperste kooks : de reaktiviteitsindex blijft konstant tot tenminste 50 % slijtage.

6. PERMEABILITE AUX GAZ DES COKES

Dans le cas particulier de la réaction de gazéification d'un coke moulé, le CO_2 est transporté de la surface extérieure du coke vers l'intérieur de celui-ci par un processus complexe de diffusion conditionné principalement par la structure géométrique du milieu poreux.

La vitesse de diffusion interne étant une fonction de la structure propre du morceau de coke, elle ne peut donc être déterminée que par l'expérience et, pour préciser son influence sur les mesures de réactivité, nous avons déterminé les coefficients de diffusion d'un gaz dans les cokes étudiés.

61. Régimes d'écoulement [222]

La perméabilité aux gaz d'un coke peut être définie par la mesure du débit Q du fluide à travers une section poreuse dans des conditions données de pression moyenne $\bar{p}$ et de perte de charge Δp.

Divers types d'écoulement gazeux isothermes peuvent prendre naissance suivant les domaines de pression et de perte de charge envisagés, et suivant la répartition des pores du coke et la viscosité du gaz.

6. DOORDRINGBAARHEID VAN KOOKS VOOR GAS

In het bijzondere geval van de vergassingsreaktie van geperste kooks wordt het CO_2 van het buitenoppervlak van de kooks vervoerd naar het binnenste hiervan via een complex diffusieproces dat hoofdzakelijk door de geometrische struktuur van het poreuze milieu wordt gekonditioneerd.

Omdat de inwendige diffusiesnelheid afhankelijk is van de eigen struktuur van het stuk kooks kan ze dus niet bij beproeving worden vastgesteld en om haar invloed op de reaktiviteitsmetingen te precizeren, hebben we de diffusiekoëfficiënten van gas bij de bestudeerde kookssoorten bepaald.

61. Stromingsstelsels [222]

De doordingbaarheid van kooks voor gas kan bepaald worden door de meting van debiet Q van het fluïdum doorheen een poreuze sektie met als gegeven omstandigheden een gemiddelde druk $\bar{p}$ en een ladingsverlies Δp.

Naargelang van het in aanmerking genomen domein van druk en ladingsverlies en naargelang van de poriënverdeling van de kooks en de viskositeit van het gas kunnen diverse isoterme, gasachtige stromingstypes ontstaan.

L'écoulement non turbulent ou de glissement a comme expression :

$$\frac{Q\bar{p}}{\Delta p}\,\frac{L}{A} = a\bar{p} + b \qquad (16)$$

où $\Delta p = p_1 - p_2$ est la perte de charge, p_1 et p_2 les pressions de part et d'autre de la paroi poreuse.

$\bar{p} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)$ est la pression moyenne du fluide.

L : l'épaisseur de la paroi de coke.

A : la surface latérale moyenne de l'échantillon.

La formule précédente englobe les équations relatives aux écoulements

laminaire : $Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p = a\bar{p}$

et moléculaire : $Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p = b$

L'écoulement partiellement turbulent a comme expression :

$$Q\bar{p} = a\,(\bar{p}\ \Delta p)^n \qquad (17)$$

avec $0{,}5 < n < 1$.

Ces équations permettent de définir, en régime d'écoulement stationnaire, un coefficient de perméabilité :

$$K = Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p \quad (cm^2 \,.\, s^{-1}) \qquad (18)$$

qui peut dépendre de la pression moyenne $\bar{p}$ et de la viscosité du gaz.

62. Principe de la méthode

La méthode utilisée est celle employée par Jenkins et Roberts [30] pour mesurer la perméabilité de graphites nucléaires.

Cette méthode, dite de « dégradation du vide » ou d'accroissement de pression, est pratiquée sur des échantillons de forme généralement tubulaire, que l'on place à l'intérieur d'une enceinte dans laquelle on réalise le vide. L'enceinte est mise en communication avec un gaz à une pression p_1 constante et on mesure à l'intérieur du tube de graphite l'accroissement de la pression p_2 en fonction du temps.

Puisque $p_1 >> p_2$, la perte de charge Δp est pratiquement égale à p_1 et la pression moyenne égale $\bar{p}$ vaut sensiblement $\frac{1}{2}\,p_1$. Le gradient de pression (dp_2/dt) peut être utilisé pour mesurer le débit de gaz diffusant au travers de l'échantillon.

Si l'on désigne par V_2 (ml) le volume interne de l'échantillon et des canalisations en aval, on a :

$$Q_2\,p_2 = V_2\,(dp_2/dt) \qquad (19)$$

Q_2 ($ml \,.\, s^{-1}$) étant le débit volumique diffusant à la pression p_2 dynes . cm^{-2}. Pourvu que V_2 soit suffisamment grand, Δp reste constant au cours de l'essai et, lorsqu'un écoulement régulier est établi à travers l'échantillon, la variation de p_2 en fonction du temps est linéaire. Le coefficient angulaire de la droite donne alors la valeur de dp_2/dt.

De niet-turbulente stroming of glijstroming wordt als volgt in een formule gezet :

$$\frac{Q\bar{p}}{\Delta p}\,\frac{L}{A} = a\bar{p} + b \qquad (16)$$

waarin $\Delta p = p_1 - p_2$ het ladingsverlies is, p_1 en p_2 de druk aan weerszijden van de poreuze wand.

$\bar{p} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)$: de gemiddelde druk van het fluïdum.

L : de dikte van de kookswand.

A : de gemiddelde laterale oppervlakte van het monster.

De vorige formule omvat de vergelijkingen die betrekking hebben op de laminaire stroming, nl. $Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p = a\bar{p}$ en op de molekulaire, nl. $Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p = b$.

De formule voor de gedeeltelijk turbulente stroming is de volgende :

$$Q\bar{p} = a\,(\bar{p}\ \Delta p)^n \qquad (17)$$

met $0{,}5 < n < 1$.

Deze vergelijkingen maken het mogelijk in een stationair stromingsstelsel de permeabiliteitskoëfficiënt te bepalen :

$$K = Q\bar{p} \,.\, L/A \,.\, \Delta p \quad (cm^2 \,.\, s^{-1}) \qquad (18)$$

die van de gemiddelde druk $\bar{p}$ en van de viskositeit van het gas kan afhankelijk zijn.

62. Beginsel van de meetmetode van de doordringbaarheidskoëfficiënt

De aangewende metode werd door Jenkins en Roberts [30] gebruikt voor het meten van de permeabiliteit van nucleair grafiet.

Deze metode, genaamd « ruimteafbraak » of drukaangroei, wordt toegepast op over het algemeen buisvormige monsters die in een luchtledig gemaakte ruimte worden geplaatst. Deze ruimte staat in verbinding met gas op een vaste druk p_1 en in de grafietbuis wordt in tijdsverband de aangroei van druk p_2 gemeten.

Vermits $p_1 > p_2$ is het ladingsverlies Δp praktisch gelijk aan p_1 en de gemiddelde druk $\bar{p}$ is opmerkelijk gelijk aan $\frac{1}{2}\,p_1$. De drukgradiënt (dp_2/dt) kan worden aangewend voor het meten van het gasdebiet dat zich door het monster diffundeert.

Zo met V_2 (ml) het inwendige volume van het monster en van de afwaartse leidingen wordt aangegeven, heeft men :

$$Q_2\,p_2 = V_2\,(dp_2/dt) \qquad (19)$$

waarbij Q_2 ($ml \,.\, s^{-1}$) het volumedebiet is dat bij een druk van p_2 dyne . cm^{-2} diffundeert.

Op voorwaarde dat V_2 groot genoeg is, blijft Δp konstant tijdens de proef en de variatie van p_2 in tijdsverband is lineair als er een regelmatige stroming is doorheen het monster. De hoekkoëfficiënt van de rechte levert dan als grootte dp_2/dt op.

Dès lors, en admettant que l'on a un écoulement de glissement (slip flow) dans le système poreux, l'expression du coefficient de perméabilité est donnée par :

$$K = \frac{V_2 . (dp_2/dt) . L}{A . p_1} = B_1 \frac{p_1}{2} + \frac{4}{3} K_0 \sqrt{\frac{8\,RT}{\pi M}} \quad (20)$$

ou encore $$K = \frac{B_0}{\eta} \bar{p} + \frac{4}{3} K_0 \bar{v} \quad (21)$$

Dans l'équation (21) dite de Carman-Arnell, η est la viscosité du gaz en poises, $\bar{p}$ la pression moyenne en dynes . cm^{-2} et $\bar{v}$ la vitesse moléculaire moyenne du gaz en cm . s^{-1}. B_1 ou B_0/η et K_0 étant des constantes qui ne sont déterminées que par les propriétés du milieu poreux. B_0 et K_0 peuvent être calculés en déterminant plusieurs valeurs de K pour différentes valeurs de p_1.

Le schéma de l'appareillage mis au point pour réaliser ces mesures est représenté aux figures 9 et 10.

Il se composent essentiellement :

— D'une capsule porte-échantillon hermétique (6) composée d'un boîtier conique et d'un couvercle munis de têtes de serrage et de joints d'étanchéité et auxquels sont connectés les tubes d'arrivée et d'échappement de gaz. Les éprouvettes de coke de forme parallélépipédique ont une section d'environ 25 × 20 mm et une épaisseur de 10 mm. Elles sont scellées dans des bagues en laiton au moyen de résine Palatal P_4 et serrées entre les deux joints à l'aide des têtes de serrage.

— D'une vanne de réglage de la pression amont (3), précédée d'un manomètre (1) et d'une garde de mercure antiretour (2) constituant un dispositif de sécurité.

— D'un manomètre à mercure (5) de mesure de la pression amont.

— D'un dépressiomètre à tube Bourdon (7) de grande précision mesurant les dépressions aval.

— D'une fiole jaugée (8) utilisée pour l'étalonnage du volume de la partie aval. A cette fin, on remplace l'éprouvette de coke par un disque métallique (V_{aval} = 80,1 ml).

63. Résultats et grandeurs caractéristiques de la structure poreuse des cokes

Un électrographite, quatre cokes moulés et un coke métallurgique ont été étudiés et comparés en mesurant les coefficients de perméabilité pour diverses pressions amont.

Quelques courbes expérimentales tracées en portant, en abscisse, les durées d'écoulement en seconde et, en ordonnée, les pressions en aval de l'éprouvette de coke, pour une pression amont p_1 maintenue constante, sont données à la figure 11. On observe dans chaque cas, au début de l'expérience, une partie linéaire lorsque la pression aval est faible. La courbe s'aplatit ensuite progressivement pour atteindre tangentiellement la droite d'équation $p_2 = p_1$.

Als aangenomen wordt dat er een glijstroming (slip flow) in het poreuze systeem is, wordt dientengevolge de uitdrukking van de permeabiliteitskoëfficiënt gegeven door :

$$K = \frac{V_2 . (dp_2/dt) . L}{A . p_1} = B_1 \frac{p_1}{2} + \frac{4}{3} K_0 \sqrt{\frac{8\,RT}{\pi M}} \quad (20)$$

of nog $$K = \frac{B_0}{\eta} \bar{p} + \frac{4}{3} K_0 \bar{v} \quad (21)$$

In vergelijking (21), de vergelijking van Carman-Arnell genoemd, is η de viskositeit van het gas in poise, $\bar{p}$ de gemiddelde druk in dyne/cm^{-2} en $\bar{v}$ de gemiddelde molekulaire snelheid in cm . s^{-1}. B_1 of B_0/η en K_0 zijn konstanten die enkel door de eigenschappen van het poreuze milieu worden bepaald. B_0 en K_0 kunnen berekend worden door verscheidene waarden van K te bepalen voor verschillende grootheden van p_1.

Op de figuren 9 en 10 staat een schema van de apparatuur die voor deze metingen werd uitgewerkt.

Hoofdzakelijk bestaat ze uit de volgende elementen.

- Een hermetische capsule met het monster die bestaat uit een konische doos en een deksel met drukkoppen en dichtheidspakkingen en waarop de gasaanvoer- en gasafvoerbuizen zijn aangesloten. De parallellepipedumvormige kooksproefstukjes hebben een doorsnede van ongeveer 25 × 20 mm en zijn 10 mm dik. Door middel van Palatal P_4-hars zijn ze in messingringen gegoten en met behulp van de drukkoppen tussen de twee pakkingen gedrukt.

— Een kraan voor het regelen van de opwaartse druk (3) die wordt voorafgegaan door een manometer (1) en een terugslagbescherming van kwik (2).

— Een kwikmanometer (5) voor het meten van de opwaartse druk.

— Een onderdrukmeter met Bourdon-buis (7) om de afwaartse onderdruk zeer nauwkeurig te meten.

— Een kruikfles (8) die aangewend wordt voor het ijken van het volume van het afwaartse gedeelte. Daartoe wordt het kooksproefstukje vervangen door een metalen schijf ($V_{afwaarts}$ = 80,1 ml).

63. Uitslagen en kenmerkende grootheden van de poreuze struktuur van kooks

Een elektrografiet, vier soorten geperste kooks en één soort metallurgische kooks werden bestudeerd en vergeleken door de permeabiliteitskoëfficiënten voor diverse stijgende drukken te meten.

Op figuur 11 staan enkele experimentele krommen met op de abscis de stromingsduur in sekonden en op de ordinaat de druk afwaarts van het proefstukje kooks voor een konstant gehouden opwaartse druk p_1. Telkens ziet men dat in het begin van de proef een gedeelte lineair is terwijl de afwaartse druk laag is. Vervolgens wordt de kromme geleidelijk aan platter om tangentieel de vergelijkingsrechte $p_2 = p_1$ te bereiken.

Vers la bonbonne de gaz

Vers la pompe à vide

Fig. 9.

Schéma de l'appareil de mesure de la perméabilité aux gaz des cokes.

1. Manomètre.
2. Garde antiretour.
3. et 4. Vanne de réglage de la pression amont et vanne de fuite.
5. Manomètre à mercure.
6. Cellule de diffusion.
7. Dépressiomètre à tube Bourdon.
8. Fiole jaugée de 80 cm^3.

Schema van het toestel voor het meten van de permeabiliteit van kooks voor gas.

1. Manometer.
2. Terugslagbeveiliger.
3. en 4. Regelklep voor de opwaartse druk en lekklep.
5. Kwikmanometer.
6. Diffundeercel.
7. Onderdrukmeter met Bourdon-buis.
8. Kruikfles van 80 cm^3.

Vers la bonbonne de gaz : naar de gasfles toe.

Vers la pompe à vide : naar de vacuümpomp toe.

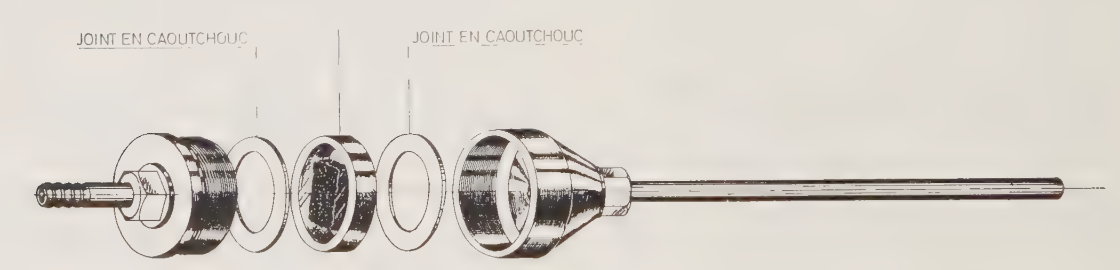


Fig. 10.

Cellule de diffusion avec l'éprouvette de coke scellée dans la résine Palatal.
Dimensions de l'éprouvette de coke : 25 × 20 × 10 mm.

Diffundeercel met het in Palatal-hars gevatte kooksproefstukje
Afmetingen van het kooksproefstukje : 25 × 20 × 10 mm.

Joint... : rubberen pakking. *Porte... :* monsterhouder. *Cellule... :* diffundeercel.

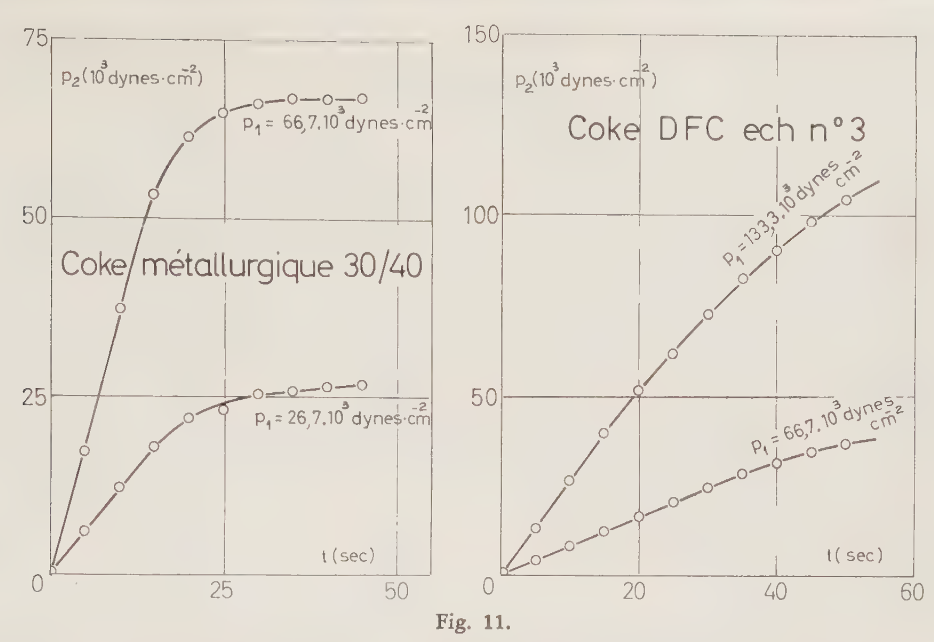


Fig. 11.

Mesure de la perméabilité aux gaz d'un coke métallurgique et du coke moulé DFC. Influence de la pression en amont de la paroi poreuse de coke sur la pression mesurée en aval.

Meting van de permeabiliteit van metallurgische kooks en geperste DFC-kooks voor gas. Invloed van de druk opwaarts van de poreuze kookswand op de afwaarts gemeten druk.

Coke métallurgique... : metallurgische kook 30/40. *Coke DFC ech. nr. 3 :* DFC-kooks, monster nr. 3.

Dans l'expression du coefficient de perméabilité donnée précédemment (20), si nous négligeons la valeur de la pression aval pour une durée plus ou moins longue au début de l'expérience, les conditions des hypothèses de départ sont respectées et la valeur de (dp_2/dt) est fournie par le coefficient angulaire de la partie linéaire du début de la courbe.

Les résultats obtenus sont donnés au tableau VI. Constatons que le coke Carmonoix possède un coefficient de perméabilité K de quelque 10^{-2} cm^2 . s^{-1} et du même ordre de grandeur que l'électrographite. En comparaison, les cokes ERIM, DFC, BF et le coke métallurgique possèdent des coefficients de perméabilité respectivement 5, 10, 20 et 30 fois plus élevés.

Le coefficient de perméabilité dépend aussi de la perte de charge Δp. Néanmoins, on peut voir que son accroissement, même pour une valeur cinq fois plus élevée de la pression amont, est relativement faible et l'allure rectiligne des variations $K/\bar{p}$ indique bien la présence d'un écoulement non turbulent.

Les variations $K/\bar{p}$ peuvent d'ailleurs être utilisées pour calculer les constantes B_0 et K_0, caractéristiques du milieu poreux étudié.

La perméabilité spécifique $B_0 = \varepsilon^3/kS^2$ et la constante $K_0 = \xi/k' (\varepsilon^2/S)$, déduites de la relation (21) de Carman-Arnell, sont déterminées par la porosité totale ε, la surface spécifique S et des facteurs de tortuosité k' et de forme k. Le facteur de tortuosité $k' = (L_c/L)^2$, avec L_c : longueur moyenne des capillaires du matériau et L : épaisseur de la paroi poreuse

In de hogerop gegeven formule van de permeabiliteitskoëfficiënt (20) worden de voorwaarden van de vertrekhypotesen geëerbiedigd en de grootheid (dp_2/dt) wordt geleverd door de hoekkoëfficiënt van het lineaire gedeelte van het begin van de kromme als we geen rekening houden met de grootte van de afwaartse druk voor een min of meer lange periode bij het begin van de proefneming.

De uitslagen staan in tabel VI. We stellen vast dat Carmonoix-kooks een permeabiliteitskoëfficiënt K heeft van zowat 10^{-2} cm^2 . s^{-1} en van dezelfde grootteorde is als het elektrografiet. Bij vergelijking zien we dat ERIM-, DFC-, BF- en metallurgische kooks permeabiliteitskoëfficiënten bezitten die respektievelijk 5, 10, 20 en 30 keer hoger zijn.

De permeabiliteitskoëfficiënt is ook afhankelijk van het gewichtsverlies Δp. Niettemin merken we op dat zijn aangroei, zelfs voor een vijfmaal hogere waarde dan de opwaartse druk, betrekkelijk gering is en de rechtlijnige loop van de schommelingen $K/\bar{p}$ wijst wel degelijk op het voorkomen van een niet-turbulente stroming.

De schommelingen $K/\bar{p}$ kunnen trouwens aangewend worden voor de berekening van de konstanten B_0 en K_0, kenmerkend voor het bestudeerde milieu.

De soortelijke permeabiliteit $B_0 = \varepsilon^3/kS^2$ en de konstante $K_0 = \xi/k' (\varepsilon^2/S)$ die zijn afgeleid uit de vergelijking van Carman-Arnell (21), worden bepaald door de totale porositeit ε, het soortelijke oppervlak S en faktoren als bochtigheid k' en vorm k. De bochtigheidsfaktor $k' = (L_c/L)^2$ waarin L_c gelijk is aan de gemiddelde lengte van de capillaire poriën van het

TABLEAU VI

Influence de la nature des cokes sur le coefficient de perméabilité

Tabel VI. — *Invloed van de aard van kooks op de permeabiliteitskoëfficiënt*

Désignation des cokes Omschrijving van de kooks	A (cm^2)	L (mm)	$P_1 \times 10^{-3}$ ($dynes/cm^2$) $P_1 \times 10^{-3}$ ($dyne/cm^2$)	$(dp_2/dt) \times 10^{-3}$ $dynes . cm^{-2} . s^{-1}$ $(dp_2/dt) \times 10^{-3}$ $dyne . cm^{-2} . s^{-1}$	K ($cm^2 . s^{-1}$)
Electrographite E 34	4,70	4,8	66,7	0,533	6,6 . 10^{-2}
(gaz CO_2)			133,3	1,293	7,9 . 10^{-2}
Elektrografiet E 34					
(gas : CO_2)					
Electrographite E 34	4,70	4,8	66,7	0,531	6,6 . 10^{-2}
(gaz N_2)			133,3	1,143	7,1 . 10^{-2}
Elektrografiet E 34			200,0	2,164	8,8 . 10^{-2}
(gas : N_2)			266,6	3,333	10,3 . 10^{-2}
Coke Carmonoix	4,57	16,9	26,7	0,048	5,32 . 10^{-2}
(gaz CO_2)			66,7	0,133	5,91 . 10^{-2}
Carmonoix-kooks			133,3	0,404	8,96 . 10 ²
(gas : CO_2)	4,54	14,6	26,7	0,034	3,26 . 10^{-2}
			66,7	0,084	3,27 . 10^{-2}
			133,3	0,185	3,59 . 10^{-2}
Coke moulé ERIM	5,26	14,0	26,7	0,253	0,20
(gaz CO_2)			66,7	0,713	0,23
Geperste kooks ERIM			133,3	1,720	0,28
(gas : CO_2)	4,86	13,7	26,7	0,192	0,16
			66,7	0,520	0,18
			133,3	1,323	0,22
Coke moulé DFC	5,77	12,2	26,7	0,524	0,33
(gaz CO_2)			66,7	1,668	0,42
Geperste kooks DFC	4,85	13,8	26,7	1,420	1,21
(gas : CO_2)			66,7	4,400	1,50
	4,00	12,2	66,7	0,821	0,30
			133,3	2,626	0,48
Coke moulé BF	2,75	11,6	26,7	0,517	0,66
(gaz CO_2)			66,7	1,640	0,83
Geperste kooks BF	3,13	11,1	66,7	2,194	0,93
(gas : CO_2)	5,69	12,4	133,3	4,777	0,63
Coke métallurgique	4,56	15,5	26,7	1,367	1,39
(gaz CO_2)			66,7	4,266	1,75
Metallurgische kooks	5,44	14,7	26,7	1,267	1,03
(gas : CO_2)			66,7	4,000	1,30
	5,81	12,0	26,7	2,106	1,30
			66,7	5,400	1,34

dans la direction de l'écoulement. Dans le coefficient du terme de glissement ξ/k', $\xi \simeq 0{,}59$. D'autre part, la constante de Kozeny $k \simeq 2{,}5\ (L_c/L)^2$.

Partant des données expérimentales, une autre méthode de détermination de B_0 est celle que Jenkins et Roberts [30] ont employée pour l'étude des graphites en utilisant des pressions supérieures à 1 atm.

D'après (19), on a :

$$Q_2 p_2 = V_2\ (dp_2/dt)$$

Comme précédemment, Q_2 est le débit volumique à la pression p_2, et V_2, le volume interne de l'échantillon et des canalisations aval.

(19) peut s'écrire :

$$Q_2 p_2 = \frac{B_0}{\eta} \frac{A}{L} \Delta p \bar{p}$$

avec $\Delta p = p_1 - p_2$ et $\bar{p} = (p_1 + p_2)/2$

On obtient donc :

$$\frac{dp_2}{(p_1 - p_2)(p_1 + p_2)} = \frac{B_0 A}{2 V_2 \eta L} dt \qquad (22)$$

et par intégration :

$$\frac{1}{2 p_1} \ln \left(\frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2}\right) = \left(\frac{B_0 A}{2 V_2 \eta L}\right) t + C$$

ou encore

$$\ln \left(\frac{\bar{p}}{\Delta p}\right) = \left(\frac{B_0 A p_1}{V_2 \eta L}\right) t + C' \qquad (23)$$

Par conséquent, en utilisant les valeurs de p_2 lues au dépressiomètre en fonction du temps t, la représentation de $\ln(\bar{p}/\Delta p)$ en fonction du temps donne une relation linéaire lorsque la loi de Darcy est applicable.

La figure 12 montre bien qu'il en est ainsi et les valeurs de B_0 obtenues par ce procédé sont données dans le tableau VII et comparées avec celles déduites des variations $K/\bar{p}$.

Les valeurs de K_0 et B_0, obtenues pour l'électrographite et le coke moulé Carmonoix, sont du même ordre de grandeur que celles que l'on trouve dans la littérature pour caractériser les graphites pour réacteur. Par contre, ces grandeurs caractéristiques sont dix à vingt fois plus élevées pour les autres cokes moulés et pour le coke métallurgique.

Notons, d'autre part, que la perméabilité spécifique B_0, obtenue par la seconde méthode de calcul, est toujours deux à cinq fois plus élevée et nous avons observé, au surplus, qu'elle est influencée par la pression p_1 aval.

L'équation (23) ne serait donc pas tout à fait correcte et les valeurs renseignées dans la colonne 5 du tableau précédent représentent la moyenne des résultats obtenus pour les diverses pressions aval utilisées.

materiaal en L de dikte is van de poreuze wand in de richting van de stroming. In de koëfficiënt van de glijterm ξ/k, $\xi \simeq 0{,}59$. Anderzijds is de Kozeny-konstante $k \simeq 2{,}5\ (L_c/L)^2$.

Vertrekkende van experimentele gegevens is er een andere metode voor het bepalen van B_0 nl. die waarvan Jenkins en Roberts [30] voor hun studie van de grafieten hebben gebruik gemaakt en waarvoor een druk van meer dan 1 atm wordt aangewend.

Volgens (19) heeft men :

$$Q_2 p_2 = V_2\ (dp_2/dt)$$

Zoals hiervoor is Q_2 het volumedebiet bij druk p_2 en is V_2 het inwendige volume van het monster en van de afwaartse leidingen.

(19) kan geschreven worden als :

$$Q_2 p_2 = \frac{B_0}{\eta} \frac{A}{L} \Delta p \bar{p}$$

met $\Delta p = p_1 - p_2$ en $\bar{p} = (p_1 + p_2)/2$

Men bekomt dus :

$$\frac{dp_2}{(p_1 - p_2)(p_1 + p_2)} = \frac{B_0 A}{2 V_2 \eta L} dt \qquad (22)$$

en door integratie :

$$\frac{1}{2 p_1} \ln \left(\frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2}\right) = \left(\frac{B_0 A}{2 V_2 \eta L}\right) t + C$$

of nog

$$\ln \left(\frac{\bar{p}}{\Delta p}\right) = \left(\frac{B_0 A p_1}{V_2 \eta L}\right) t + C' \qquad (23)$$

Als de grootte van p_2, afgelezen op de onderdrukmeter in tijdsverband, wordt gebruikt, geeft de voorstelling van $\ln(\bar{p}/\Delta p)$ in tijdsverband bijgevolg een lineaire vergelijking terwijl de wet van Darcy van toepassing is.

Figuur 12 toont wel degelijk aan dat het zo is en de cijfers die met dit procédé voor B_0 worden verkregen, worden in tabel VII opgegeven en vergeleken met die welke uit de schommelingen $K/\bar{p}$ werden afgeleid.

De cijfers voor K_0 en B_0 voor het elektrografiet en geperste kooks Carmonoix zijn van dezelfde grootteorde als de cijfers die worden gevonden in de literatuur om de grafieten als reactor te bestempelen. Deze kenmerkende grootheden zijn daarentegen tien- tot twintigmaal groter voor de andere soorten geperste kooks en metallurgische kooks.

Noteren we anderzijds dat de soortelijke permeabiliteit B_0 zoals ze met de tweede metode wordt berekend, steeds twee- tot vijfmaal hoger ligt en bovendien hebben we waargenomen dat ze door de afwaartse druk p_1 wordt beïnvloed.

Vergelijking (23) zou dus niet helemaal juist zijn en de in kolom 5 van de vorige tabel aangegeven cijfers zijn een gemiddelde van de uitslagen voor de diverse aangewende afwaartse drukken.

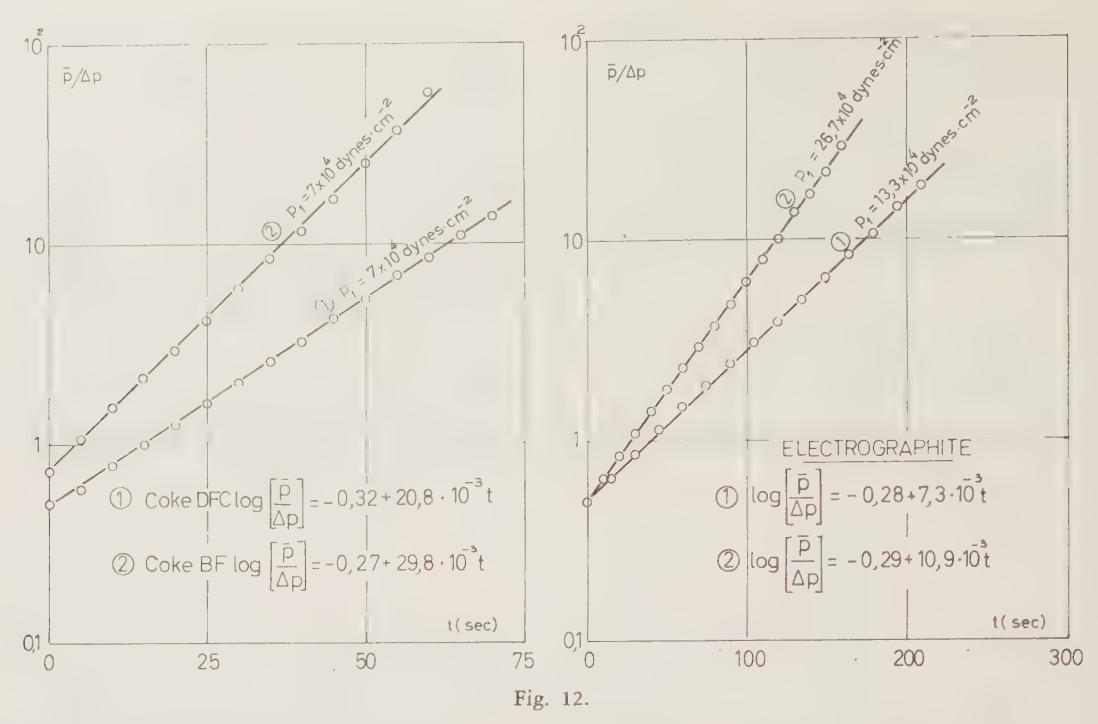


Fig. 12.

Graphiques illustrant la validité de l'équation (23) pour un électrographite et deux cokes moulés.

Grafieken ter illustratie van de geldigheid van vergelijking (23) voor een elektrografiet en twee soorten geperste kooks.

Electrographite : elektrografiet. *dynes/cm :* dyne per cm. *Coke :* kooks.

Remarquons aussi que l'on obtient une proportionnalité remarquable entre les coefficients K_0 et B_0 quelle que soit la nature du coke, soit :

$$B_0 \simeq 1,12 \,.\, 10^{-4}\, K_0$$

Bien que l'utilisation de ces grandeurs caractéristiques, en vue d'obtenir des informations détaillées sur les rayons hydrauliques moyens et sur les facteurs de tortuosité, soit sujette à caution, principalement à cause de l'incertitude fondamentale qui affecte les facteurs du terme de Knudsen (4/3, ξ et k'), nous donnons également dans la dernière colonne du tableau VII la longueur moyenne L_c des capillaires déduite des facteurs de tortuosité (L_c/L) calculés pour les divers cokes.

Un autre facteur qui doit être examiné est celui de l'influence de la température sur le coefficient de perméabilité. Etant donné que les mesures de perméabilité effectuées à température ambiante seront transposées aux mesures de réactivité à 950° C, on peut se demander quel sera l'ordre de grandeur des variations en fonction de l'écart des températures. On notera d'abord que la variation de K avec la température est complexe puisque les coefficients de température des deux termes sont différents. Dans le terme de Poiseuille, c'est la viscosité du gaz qui intervient et, puisque η croît avec T, la valeur de B_0/η décroît. Par contre, la valeur de $K_0 \bar{v}$ croît avec la température comme $\sqrt{T}$. La variation de la viscosité d'un gaz avec

Merken we ook dat een opmerkelijke proportionaliteit wordt verkregen tussen de koëfficiënten K_0 en B_0, wat de aard van de kooks ook is, nl.

$$B_0 \simeq 1,12 \,.\, 10^{-4}\, K_0$$

Alhoewel het gebruik van deze karakteristieke grootheden met het oog op het bekomen van uitgebreide informatie over de gemiddelde hydraulische stralen en over de bochtigheidsfaktoren nog dient bevestigd, hoofdzakelijk omwille van de fundamentele onzekerheid die verbonden is met de faktoren van de term van Knudsen (4/3, ξ en k'), geven we in de laatste kolom van tabel VII eveneens de gemiddelde lengte L_c van de capillaire poriën die werd afgeleid uit de voor de diverse kookssoorten berekende bochtigheidsfaktoren (L_c/L).

Nog een andere faktor moet worden onderzocht nl. die van de invloed van de temperatuur op de permeabiliteitskoëfficiënt. Gelet op het feit dat de bij omgevingstemperatuur uitgevoerde metingen van de permeabiliteit zullen omgezet worden in reaktiviteitsmetingen op 950° C, kan de vraag gesteld worden hoe groot de variaties zullen zijn naargelang van het temperatuurverschil.

Eerst en vooral dient genoteerd dat de verandering van K met de temperatuur complex is vermits de temperatuurkoëfficiënten van de twee termen verschillend zijn. In de term van Poiseuille komt de viskositeit van het gas tussenbeide en vermits η toeneemt met de T, neemt de grootte van B_0/η af. Daarentegen neemt de

la température est donnée par la relation de Sutherland :

$$\eta_T = \eta_{273} \left(\frac{273 + C}{T + C}\right) \left(\frac{T}{273}\right)^{3/2} \qquad (24)$$

T étant la température absolue et C une constante caractéristique du gaz. Pour CO_2, $\eta_{15^\circ C} = 145,7 \cdot 10^{-6}$ poises et C = 239,7 (T < 300° C). En se basant sur la valeur $\eta_{850^\circ C} = 435,8 \cdot 10^{-6}$ poises (Handbook of Chemistry and Physics), C calculé = 240,5. En utili-

grootte van $K_0 \bar{v}$ toe met de temperatuur als $\sqrt{T}$. De verandering van de viskositeit van een gas met de temperatuur wordt gegeven door de verhouding van Sutherland :

$$\eta_T = \eta_{273} \left(\frac{273 + C}{T + C}\right) \left(\frac{T}{273}\right)^{3/2} \qquad (24)$$

waarbij T de temperatuur is en C een karakteristieke konstante van het gas. Voor CO_2, $\eta_{15^\circ C} = 145,7 \cdot 10^{-6}$

TABLEAU VII

Comparaison des caractéristiques de la structure poreuse des cokes

Tabel VII. — *Vergelijking van de kenmerken van de poreuze struktuur van kookssoorten*

Grandeurs caractéristiques des cokes / Kenmerkende grootheden van kookssoorten	Ech. / Monster	K_o (cm)	B_o (cm²) 1re méthode / B_o (cm²) eerste metode	B_o (cm²) 2me méthode / B_o (cm²) tweede metode	r_h (Å)	L_c (μ)
Electrographite / *Elektrografiet*						
ε = 0,164 (*)						
S = 21,0 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 1	1,05 . 10⁻⁶	5,42 . 10⁻¹¹	15,9 . 10⁻¹¹	69	58
d_{He} = 2,266 g . cm⁻³						
Carmonoix						
ε = 0,355						
S = 147 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 1	0,99 . 10⁻⁶	4,30 . 10⁻¹¹	19,6 . 10⁻¹¹	25	119
d_{He} = 1,971 g . cm⁻³	n° 2	0,63 . 10⁻⁶	9,21 . 10⁻¹¹	14,7 . 10⁻¹¹		70
ERIM						
ε = 0,249						
S = 230 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 1	3,62 . 10⁻⁶	2,18 . 10⁻¹⁰	10,3 . 10⁻¹⁰	12	18
d_{He} = 1,805 g . cm⁻³	n° 3	2,92 . 10⁻⁶	1,46 . 10⁻¹⁰	8,6 . 10⁻¹⁰		21
DFC						
ε = 0,321	n° 8	5,55 . 10⁻⁶	0,66 . 10⁻⁹	2,23 . 10⁻⁹		10
S = 298 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 9	2,06 . 10⁻⁵	2,10 . 10⁻⁹	9,5 . 10⁻⁹	12	6
d_{He} = 1,847 g . cm⁻³	n° 3	2,41 . 10⁻⁶	0,79 . 10⁻⁹	1,29 . 10⁻⁹		9
BF						
ε = 0,596						
S = 102,5 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 24	11,58 . 10⁻⁶	1,27 . 10⁻⁹	4,6 . 10⁻⁹	60	48
d_{He} = 1,940 g . cm⁻³	n° 27	—	—	4,1 . 10⁻⁹		—
Coke métallurgique / *Metallurgische kooks*						
ε = 0,499						
S = 17,5 . 10⁴ cm². g⁻¹	n° 3	23,46 . 10⁻⁶	2,56 . 10⁻⁹	13,4 . 10⁻⁹	290	198
d_{He} = 1,970 g . cm⁻³	n° 1	17,09 . 10⁻⁶	1,97 . 10⁻⁹	7,4 . 10⁻⁹		214

$\varepsilon^{(*)}$ = déterminée à l'aide de la masse spécifique apparente au mercure et en admettant pour la masse spécifique théorique : 2,266 g.cm⁻³.
$\varepsilon^{(*)}$ = bepaald met behulp van de met kwik gemeten soortelijke schijnbare dichtheid en door aan te nemen dat de teoretische soortelijke massa gelijk is aan 2,266 g . cm⁻³.

r_h = rayon hydraulique moyen égal à 2 ε/S d_{He}.
r_h = gemiddelde hydraulische straal is gelijk aan 2 ε/S d_{He}.

L_c = longueur moyenne des capillaires.
L_c = gemiddelde lengte van de capillaire poriën.

sant la même valeur pour T = 950° C, on trouve $\eta_{950^\circ C}$ = 461,5 . 10^{-6} poises. Utilisant alors la relation (21) avec les valeurs de B_0 et K_0 calculées pour les divers cokes, on peut estimer K à 950° C.

7. EXPRESSION THEORIQUE DE LA VITESSE DE REACTION DANS UN MILIEU POREUX

Parmi les nombreux modèles de réaction gaz-solide non catalysée, on peut distinguer deux types représentant des cas limites. Ce sont respectivement : le modèle homogène, pour lequel la réaction gaz-solide se déroule uniformément à l'intérieur du solide, et le modèle hétérogène, pour lequel la réaction se déroule exclusivement à l'interface.

Comme exemples typiques du modèle hétérogène, on peut citer la décomposition de sphères de carbonate de calcium (*), la réduction de pellets d'hématite et d'oxyde de nickel par l'hydrogène et l'oxydation du sulfure de zinc.

Le problème du mécanisme d'une réaction hétérogène dans un milieu poreux carboné a fait l'objet de nombreux travaux. Des modèles mathématiques variés, utiles pour décrire le système réactionnel et les facteurs qui contrôlent la vitesse de réaction, ont été présentés.

Parmi les analyses les plus récentes [263,284,310,326], on peut citer les modèles proposés par K. Yoshida - D. Kunii (1969) et T. Shirai - M. Ishida (1969), R.H. Tien - E.T. Turkdogan (1970) et S.C. Wang - C.Y. Wen (1972).

71. Modèle mathématique simplifié pour la réaction coke moulé-CO_2

D'une façon générale, lorsqu'un gaz réagit avec un corps poreux, il y a des gradients de concentration, un gradient de température et un gradient de pression. Si, dans le cas particulier d'une réaction hétérogène de gazéification d'un coke moulé par le CO_2 en régime isotherme, on néglige le problème du transfert de chaleur, la vitesse globale est la résultante de trois processus successifs :

— Un processus de transfert extragranulaire auquel correspond une vitesse de diffusion externe du CO_2 du sein de l'écoulement vers l'interface gaz-solide. Diffusion à travers un film mince ou film limite constitué par des produits de réaction diffu-

[*] Fassotte W. et Saussez M. — Recherches sur la cinétique de la décarbonatation du calcaire. INIEX, Bulletin Technique « Mines et Carrières » n° 132, juillet 1971, 23 p.

poise en C = 239,7 (T < 300° C). Steunend op de grootheid $\eta_{850^\circ C}$ = 435,8 . 10^{-6} poise (Handbook of Chemistry & Physics), C berekend = 240,5. Gebruikt men dezelfde grootte voor T = 950° C, dan vindt men $\eta_{950^\circ C}$ = 461,5 . 10^{-6} poise. Wordt dan vergelijking (21) gebruikt met de cijfers voor B_0 en K_0, berekend voor de diverse kookssoorten, dan kan K bij 950° C geschat worden.

7. TEORETISCHE FORMULERING VAN DE REAKTIESNELHEID IN EEN POREUS MILIEU

Tussen de talrijke modellen voor de niet-gekatalyzeerde reaktie gas-vaste stof, kan een onderscheid gemaakt worden tussen twee types die grensgevallen vertegenwoordigen. Het zijn respektievelijk het homogene model waarvoor de reaktie gas-vaste stof zich gelijkvormig in de vaste stof ontplooit en het heterogene model waarvoor de reaktie zich uitsluitend op het tussenvlak ontvouwt.

Als typische voorbeelden van het heterogene model kan de ontbinding van bollen calciumcarbonaat (*) worden vernoemd naast de reduktie van hematietpellets en van nikkeloxyde door waterstof en de oxydering van zinksulfide.

Het probleem van het mechanisme van een heterogene reaktie in een gekarboneerd poreus milieu werd al in heelwat werken behandeld. Hierin zijn gevarieerde matematische modellen die nuttig zijn voor het beschrijven van het reaktiesysteem en de faktoren die de reaktiesnelheid kontroleren, voorgesteld.

Tussen de meest recente analyses [263,284,310,326] kunnen de modellen vernoemd worden die worden voorgesteld door K. Yoshida, D. Kunii (1969) en T. Shirai, M. Ishida (1969), R.H. Tien, E.T. Turkdogan (1970) en S.C. Wang, C.Y. Wen (1972).

71. Vereenvoudigd matematisch model voor de reaktie geperste kooks - CO_2

Als een gas met een poreus lichaam reageert, zijn er over het algemeen koncentratiegradiënten, een temperatuurgradiënt en een drukgradiënt. Zo in het bijzondere geval van een heterogene vergassingsreaktie van geperste kooks met CO_2 in een isotermisch stelsel geen rekening wordt gehouden met het probleem van de warmteoverdracht, is de globale snelheid het resultaat van drie opeenvolgende processen.

— Een extragranulair overdrachtsproces waaraan een uitwendige diffusiesnelheid van het CO_2 beantwoordt vanuit de stroming naar het tussenvlak gas-vaste stof. Diffusie doorheen een dunne laag of grenslaag van reaktieprodukten die in de omge-

(*) W. Fassotte en M. Saussez. Onderzoekingen over de kinetica van het decarbonateren van kalksteen. Technisch Tijdschrift, NIEB. « Mijnen en Groeven », nr. 132, juli 1971, 23 p.

sant en sens inverse et localisé au niveau de la surface extérieure du morceau de coke.

Nous admettrons que ce transfert est très rapide par rapport au transfert intragranulaire, de sorte que les gradients de températures et de concentration correspondants sont négligeables.

— Un processus de transfert intragranulaire auquel correspond une vitesse de diffusion interne. Les molécules de CO_2 diffusent à travers les pores du morceau de coke en réalisant des chocs actifs sur les parois. Diffusion ordinaire ou de Knudsen suivant le diamètre des pores et le libre parcours moyen.
— Un processus de transformation : chimisorption → réaction → désorption, auquel corespond la vitesse de réaction chimique pure.

La vitesse apparente de la réaction de gazéification est donc une fonction des paramètres de cinétiques chimique et physique et elle est dônnée par le flux de réactif qui entre dans le milieu poreux. Les vitesses de diffusion interne et de réaction chimique pure constituent des facteurs spécifiques caractérisant la réactivité d'un coke.

Le modèle géométrique adopté est représenté à la figure 13 et assimilé à une sphère possédant des propriétés isotropiques. Sa validité a d'ailleurs été confirmée par les photographies de coupes transversales de cokes moulés DFC et de cokes spéciaux gazéifiés jusqu'à 60 % (cfr. fig. 4).

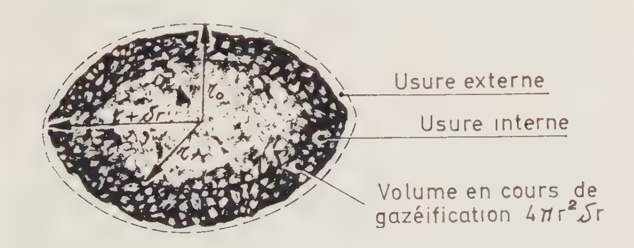


Fig. 13.

Géométrie d'un coke moulé en cours de gazéification assimilée à une sphère isotropique.

Geometrie van geperste kooks tijdens de vergassing, gelijkgesteld met een isotropische bol.

Usure externe : uitwendige slijtage.
Usure interne : inwendige slijtage.
Volume... : volume waarvoor de vergassing aan de gang is.

Pour un modèle idéalisé, la diffusion effective et la conductivité effective sont indépendantes de la position. Dans l'analyse qui suit, on peut, avec une bonne approximation, négliger l'effet de la chaleur de réaction et utiliser la solution mathématique donnée par E.W. Thiele pour traiter les réactions isothermiques dans les catalyseurs poreux. Pour plus de détails, nous renvoyons à l'étude de G.A. L'Homme, M. Boudart et L. d'Or [173].

Le résultat de cette étude est l'introduction d'un facteur d'efficacité η_u défini par :

$$R_m = R_0 \cdot \eta_u \quad (25)$$

où R_m est la vitesse apparente du processus réactionnel, c'est-à-dire l'indice de réactivité du coke moulé, et R_0, la vitesse de réaction qui serait observée si toute la surface intérieure du coke moulé était exposée au

keerde richting diffunderen en die gelokalizeerd zijn op het niveau van het buitenoppervlak van het stuk kooks.

We nemen aan dat deze overdracht zeer snel gebeurt t.o.v. de intragranulaire overdracht zodat de overeenkomstige temperatuur- en koncentratiegradiënten kunnen verwaarloosd worden.

— Een intragranulair transferproces waaraan een inwendige diffusiesnelheid beantwoordt. De CO_2-molekulen diffunderen doorheen de poriën van het stuk kooks waarbij ze aktieve schokken op de wanden verwezenlijken. Gewone diffusie of diffusie van Knudsen volgens de doormeter van de poriën en het gemiddelde vrije parcours.
— Een omvormingsproces : chemiesorptie → reaktie → desorptie waaraan de zuivere scheikundige reaktiesnelheid beantwoordt.

De schijnbare snelheid van de vergassingsreaktie is dus afhankelijk van de chemische en fysische kinetikaparameters en ze wordt gegeven door de reaktieflux die in het poreuze milieu dringt. De inwendige diffusiesnelheid en de zuiver chemische reaktiesnelheid vormen specifieke faktoren voor de reaktiviteit van kooks.

Het aangenomen geometrische model staat afgebeeld op figuur 13 en wordt gelijkgesteld met een bol met isotropische eigenschappen. Zijn geldigheid werd trouwens bevestigd door foto's van de dwarsdoorsneden van geperste DFC-kooks en van tot 60 % vergaste speciale kooks (zie fig. 4).

Voor een geïdealizeerd model zijn de effektieve diffusie en de effektieve geleidbaarheid onafhankelijk van de positie. In de hierna volgende analyse kan met een goede benadering de weerslag van de reaktiewarmte worden verwaarloosd en gebruik gemaakt worden van de matematische oplossing die wordt gegeven door E.W. Thiele voor de behandeling van isotermische reakties in poreuze katalysestoffen. Voor meer bijzonderheden verwijzen we naar de studie van G.A. L'Homme, M. Boudart en L. D'Or [173].

Het resultaat van deze studie is de invoering van een doeltreffendheidsfaktor η_u die bepaald wordt door :

$$R_m = R_0 \cdot \eta_u \quad (25)$$

waarin R_m de schijnbare snelheid van het reaktieproces is, d.w.z. de reaktiviteitsindex van geperste kooks en R_0 de reaktiesnelheid die zou worden waargenomen als elk binnenoppervlak van geperste kooks was blootge-

réactant à la même température et à la même concentration que la surface externe de l'entité réagissante.

Dans le cas d'un modèle sphérique poreux et pour une réaction d'ordre unitaire isotherme, le calcul de η_u conduit à l'équation bien connue :

$$\eta_u = \frac{3}{\Phi}\left[\frac{1}{\tanh \Phi} - \frac{1}{\Phi}\right] \quad (26)$$

où Φ est le module adimensionnel de Thiele défini par l'expression :

$$\Phi = r_0 \sqrt{R_0/D_e} \quad (27)$$

r_0 (cm) est le rayon du modèle et D_e ($cm^2 . s^{-1}$) le coefficient de diffusion effective.

La variable Φ peut être considérée comme étant le rapport de la vitesse de réaction de gazéification à la vitesse de diffusion effective à l'intérieur du coke moulé.

La fonction $\eta_u = f(\Phi)$ (26) est représentée sur la figure 14 et comprend trois domaines :

— Un premier domaine (pour $\Phi < 0{,}4$) où l'efficacité est voisine de l'unité, est le régime chimique : la diffusion est suffisamment rapide pour apporter les molécules réactives sur toute la surface.

— Un troisième domaine (pour $\Phi > 2$), où la courbe se confond avec son asymptote, est le régime de diffusion.
La réaction a lieu principalement à l'entrée des pores et sur une profondeur d'autant plus petite que Φ est plus grand. La zone centrale du modèle reste inutilisée.

— Dans le domaine intermédiaire, la diffusion et la réaction ont des rôles comparables et la concentration gazeuse au centre du modèle reste de l'ordre de grandeur de la concentration existant à l'extérieur de celui-ci.

steld aan het reagerende bestanddeel met dezelfde temperatuur en met dezelfde koncentratie als het uitwendige oppervlak van de reagerende eenheid.

Bij een bolvormig poreus model en voor een reaktie van een isotermische eenheidsorde leidt de berekening van η_u tot de welgekende vergelijking :

$$\eta_u = \frac{3}{\Phi}\left[\frac{1}{\tanh \Phi} - \frac{1}{\Phi}\right] \quad (26)$$

waarin Φ de adimensionele modulus van Thiele is die bepaald wordt door de formule :

$$\Phi = r_0 \sqrt{R_m/D_e} \quad (27)$$

waarin r_0 (cm) de straal van het model is en D_e ($cm^2 s^{-1}$) de effektieve diffusiekoëfficiënt.

De variabele Φ kan beschouwd worden als de verhouding van de snelheid van de vergassingsreaktie tot de effektieve diffusiesnelheid in de geperste kooks.

De funktie $\eta_u = f(\Phi)$ (26) staat op figuur 14 en omvat drie gebieden :

— Een eerste domein (voor $\Phi < 0{,}4$) waarin de doeltreffendheid nabij de eenheid ligt, is het scheikundige stelsel : de diffusie gebeurt snel genoeg om de reaktieve molekulen over geheel het oppervlak aan te brengen.

— Een derde gebied (voor $\Phi > 2$) waarin de kromme samenvalt met haar asymptoot, is het diffusiestelsel. De reaktie heeft voornamelijk plaats bij de ingang van de poriën en des te minder diep naarmate Φ groter is. De middenzone van het model wordt niet gebruikt.

— In het tussenvlak spelen de diffusie en de reaktie een met elkaar vergelijkbare rol en de gaskoncentratie in het midden van het model behoudt de grootteorde van de koncentratie aan de buitenkant ervan.

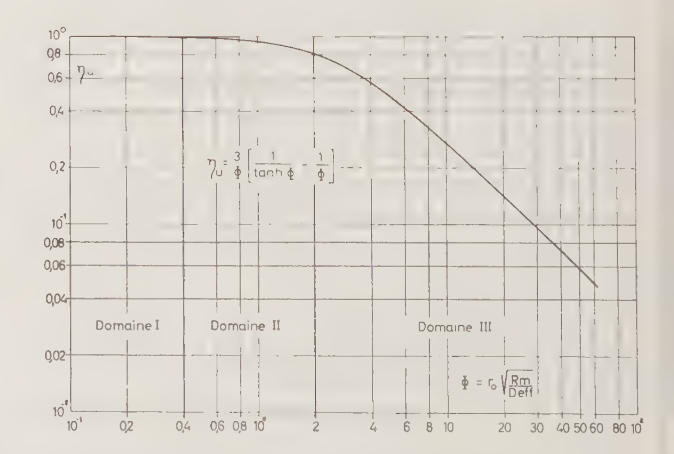


Fig. 14.

Diagramme d'efficacité pour un modèle de coke sphérique en système réactionnel isotherme.

Doeltreffendheidsdiagram voor een model van bolvormige kooks in een isotermisch reaktiesysteem.

Domaine : gebied.

Pour le calcul du coefficient de diffusion effective D_e, on suppose le plus souvent que les résistances dues à la diffusion moléculaire ordinaire D_m et à la diffu-

Voor de berekening van de effektieve diffusiekoëfficiënt D_e veronderstelt men meestal dat de weerstanden die te wijten zijn aan de gewone molekulaire

sion de Knudsen D_{Kn} agissent en série; dès lors, on peut écrire :

$$\frac{1}{D_e} = \frac{1}{(D_m)_{eff}} + \frac{1}{(D_{Kn})_{eff}} \qquad (28)$$

Le coefficient de diffusion moléculaire effective a été défini par l'équation (21) :

$$(D_m)_{eff} = \frac{1}{\eta} \frac{\varepsilon^3}{k\, S^2\, d^2_{He}} \bar{P}_{CO_2} \quad (cm^2 . s^{-1}) \qquad (29)$$

De même, le coefficient de diffusion effective de Knudsen est donné par l'expression :

$$(D_{Kn})_{eff} = \frac{8}{3} \frac{\xi\, \varepsilon^2}{k'\, S\, d_{He}} \sqrt{\frac{2\,RT}{\pi\, M_{CO_2}}} \quad (cm^2 . s^{-1}) \qquad (30)$$

Partant des équations (26) à (30), on peut estimer, à partir des valeurs expérimentales, la valeur de η_u par un calcul d'approximations successives.

72. Estimation du facteur d'efficacité pour les cokes

Partant des valeurs expérimentales de B_0 et K_0 déterminées au moyen des mesures de perméabilité, on peut calculer, à l'aide des équations (21) et (24), les valeurs de $(D_m)_{eff}$ et $(D_{Kn})_{eff}$ pour les conditions expérimentales des essais de réactivité.

Puisque $(D_m)_{eff}$ est beaucoup plus petit que $(D_{Kn})_{eff}$, le mécanisme de la diffusion moléculaire dans les pores constitue la résistance limitant la vitesse de réaction de gazéification à 1223° K. Dès lors, pour le calcul de Φ, on a :

$$D_e = (D_m)_{eff}$$

Moyennant cette information et connaissant le rayon moyen des agglomérés expérimentés, ainsi que les constantes de vitesse expérimentales, la relation générale (27) donnant le module de Thiele pourra être résolue.

Combinant l'équation (26) avec (27) :

$$\Phi = \frac{\bar{r}_0}{D_e^{1/2}} \sqrt{\frac{R_m}{\eta_u}}$$

par une méthode d'approximations successives, on peut estimer η_u pour les divers cokes. Le tableau VIII rassemble les grandeurs caractéristiques et les différentes étapes du calcul.

Les valeurs estimées des coefficients d'efficacité ont été reportées sur la figure 14bis.

Dans le cas des échantillons de cokes métallurgiques, puisque $\Phi < 2$, on peut dire que la vitesse de gazéification est à peine influencée et la concentration en CO_2 au centre des morceaux de coke est du même ordre de grandeur que celle existant au sein de l'écoulement.

diffusie D_m en de diffusie van Knudsen D_{Kn}, in serie werken; vandaar dat kan geschreven worden :

$$\frac{1}{D_e} = \frac{1}{(D_m)_{eff}} + \frac{1}{(D_{Kn})_{eff}} \qquad (28)$$

De effektieve molekulaire diffusiekoëfficiënt werd in vergelijking (21) bepaald :

$$(D_m)_{eff} = \frac{1}{\eta} \frac{\varepsilon^3}{k\, S^2\, d^2_{He}} \bar{P}_{CO_2} \quad (cm^2 . s^{-1}) \qquad (29)$$

Evenzo wordt de effektieve diffusiekoëfficiënt van Knudsen gegeven door de formule :

$$(D_{Kn})_{eff} = \frac{8}{3} \frac{\xi\, \varepsilon^2}{k'\, S\, d_{He}} \sqrt{\frac{2\,RT}{\pi\, M_{CO_2}}} \quad (cm^2 . s^{-1}) \qquad (30)$$

Uitgaande van de vergelijkingen (26) tot (30) kan de grootte van η_u op basis van experimentele cijfers geschat worden door een berekening van opeenvolgende benaderingen.

72. Raming van de doeltreffendheidsfaktor voor kooks

Uitgaande van de experimentele cijfers voor B_0 en K_0 die door middel van de permeabiliteitsmetingen worden bepaald, kunnen de cijfers voor $(D_m)_{eff}$ en $(D_{Kn})_{eff}$ berekend worden voor de experimentele omstandigheden van de reaktiviteitsproeven m.b.v. de vergelijkingen (21) en (24).

Vermits $(D_m)_{eff}$ veel kleiner is dan $(D_{Kn})_{eff}$, vormt het mechanisme van de molekulaire diffusie in de poriën de weerstand die de snelheid van de vergassingsreaktie op 1223° K begrenst. Vandaar dat men voor de berekening van Φ heeft :

$$D_e = (D_m)_{eff}$$

Met deze informatie en met kennis van de gemiddelde straal van de experimentele agglomeraten evenals van de experimentele snelheidskonstanten zal de algemene betrekking (27) die de modulus van Thiele geeft, kunnen worden opgelost.

Bij kombinatie van de vergelijkingen (26) en (27) :

$$\Phi = \frac{\bar{r}_0}{D_e^{1/2}} \sqrt{\frac{R_m}{\eta_u}}$$

kan η_u voor diverse soorten kooks worden berekend d.m.v. een metode van opeenvolgende schattingen. In tabel VIII zijn de karakteristieke grootheden en de verschillende fazen van de berekening samengebracht.

Op figuur 14bis werden de geraamde cijfers van de doeltreffendheidskoëfficiënten uitgezet.

Vermits $\Phi < 2$ kan men voor de monsters van metallurgische kooks zeggen dat de vergassingssnelheid nauwelijks wordt beïnvloed en de CO_2-koncentratie in het midden van de kooksstukken dezelfde grootteorde bereikt als die welke in de stroming voorkomt.

TABLEAU VIII

Estimation du coefficient d'efficacité η_u

Tabel VIII. — *Schatting van de doeltreffendheidskoëfficiënt* η_u

Coke Kooks	$\bar{r}_o$ (cm)	R_m (s^{-1})	B_o (cm^2)	$D_e^{1/2}$	η_u supputé η_u geraamd	Φ (éq. 27) Φ (verg. 27)	η_u (éq. 26) η_u (verg. 26)
30/40	2,41	1,429 . 10^{-5}	2,56 . 10^{-9}	5,27 . 10^{-3}	0,80 0,82	1,93 1,91	0,815 **0,82**
		0,915 . 10^{-5}	2,56 . 10^{-9}	13,69 . 10^{-3}	0,90 0,98	0,56 0,54	0,978 **0,98**
10/20	1,70	1,149 . 10^{-5}	2,56 . 10^{-9}	5,27 . 10^{-3}	0,80 0,91 0,92	1,22 1,15 1,14	0,91 0,92 **0,92**
BF	1,90	1,758 . 10^{-5}	1,27 . 10^{-9}	3,71 . 10^{-3}	0,65 0,72 0,74	2,66 2,53 2,48	0,71 0,73 **0,74**
DFC	1,68	2,038 . 10^{-5}	0,79 . 10^{-9}	2,93 . 10^{-3}	0,50 0,60 0,64	3,67 3,35 3,24	0,60 0,63 **0,64**
ERIM	1,54	2,834 . 10^{-5}	1,03 . 10^{-9}	3,34 . 10^{-3}	0,60 0,65 0,67	3,17 3,04 3,00	0,65 0,665 **0,67**
Carmonoix	1,69	1,938 . 10^{-5}	0,20 . 10^{-9}	1,47 . 10^{-3}	0,25 0,27 0,28	10,11 9,82 9,65	0,268 0,275 **0,28**

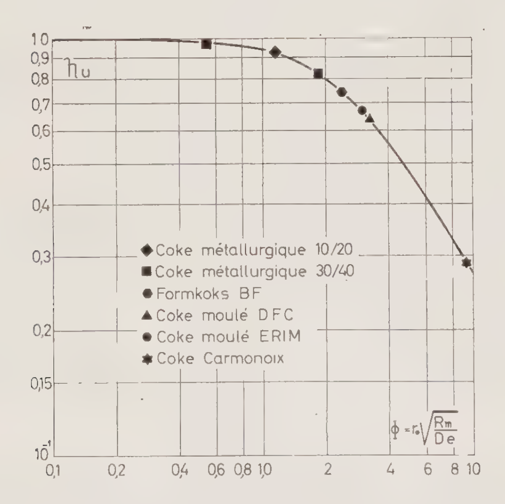


Fig. 14*bis*.

Facteurs d'efficacité η_u en fonction du module de Thiele Φ.
Doeltreffendheidsfaktor η_u in het kader van de Thiele-modulus.

◆ Metallurgische kooks 10/20
■ Metallurgische kooks 30/40.
⬢ Formkooks BF
▲ Geperste kooks DFC.
● Geperste kooks ERIM.
* Carmonoix-kooks.

Pour les cokes moulés Φ > 2, la diffusion moléculaire dans les pores joue un rôle de plus en plus prépondérant.

La valeur obtenue pour le Formkoks BF est assez proche des valeurs calculées pour le coke 30/40 et se trouve à la limite des deux domaines. Par contre, pour les cokes ERIM et DFC, la vitesse de réaction ne représente plus que respectivement 67 et 64 % de celle qui serait observée s'il n'y avait pas de résistance à la diffusion interne, et elle tombe à 28 % pour le Carmonoix.

Voor geperste kooks Φ > 2 speelt de molekulaire diffusie in de poriën een steeds doorslaggevender wordende rol.

De grootte voor Formkooks BF ligt vrij dicht bij de cijfers die voor kooks 30/40 werden berekend en bevindt zich op de grens van de twee vlakken. Voor ERIM- en DFC-kooks vertegenwoordigt de reaktiesnelheid daarentegen respektievelijk niet meer dan 67 en 64 % van die welke zou worden waargenomen als er bij de inwendige diffusie geen weerstand was, en ze valt op 28 % voor Carmonoix.

On doit se rappeler qu'un grand nombre de déterminations expérimentales interviennent dans le calcul de η_u.

Les valeurs de B_0, indiquées au tableau VIII, sont caractéristiques d'un aggloméré donné et des agglomérés d'un même lot ne donnent pas forcément les mêmes résultats. A cet inconvénient s'ajoute un deuxième relatif au mode de calcul de B_0.

D'autre part, au fur et à mesure que la gazéification progresse, les grandeurs caractéristiques (S, ε, r_0 ...) se modifient et entraînent une variation du coefficient de diffusion, lequel modifie la valeur calculée de η_u.

Ainsi, dans le cas du coke métallurgique 30/40, on peut admettre en première approximation que le modèle isotrope reste valable au-delà de 20 % d'usure et calculer la nouvelle valeur du coefficient d'efficacité avec l'indice de réactivité $R_m = 0{,}915 \cdot 10^{-5}$ (s^{-1}).

Après 40 % d'usure, la densité apparente diminue d'un tiers, tandis que la surface accessible est multipliée environ par deux (cfr. résultats du tableau V).

Si l'on suppose que la porosité du coke gazéifié croît en sens inverse de la densité apparente et dans les mêmes proportions, puisque la diffusion effective varie comme ε^3/S^2, on aura après gazéification une diffusion effective 6,75 fois plus élevée et le coefficient d'efficacité η_u passe de 0,82 à 0,98.

Men moet zich herinneren dat een groot aantal experimentele vaststellingen bij de berekening van η_u tussenbeide komen.

De op tabel VIII aangegeven cijfers voor B_0 zijn kenmerkend voor een gegeven agglomeraat en agglomeraten van een zelfde partij geven daarom niet dezelfde uitslagen. Bij dit euvel voegt zich een tweede dat verband houdt met de berekeningswijze van B_0.

Naarmate de vergassing vooruitgaat, wijzigen de karakteristieke grootheden zich anderzijds en brengen een verandering van de diffusiekoëfficiënt mee die de berekende grootte van η_u wijzigt.

Zo mag voor metallurgische kooks 30/40 bij een eerste benadering aangenomen worden dat het isotropische model geldig blijft boven de 20 % slijtage en de nieuwe grootte van de doeltreffendheidskoëfficiënt kan berekend worden met de reaktiviteitsindex $R_m = 0{,}915 \cdot 10^{-5}$ (s^{-1}).

Na 40 % slijtage vermindert de schijnbare dichtheid met een derde terwijl het bereikbare oppervlak ongeveer met twee wordt vermenigvuldigd (zie de uitslagen op tabel V).

Zo wordt verondersteld dat de porositeit van vergaste kooks in omgekeerde zin toeneemt met de schijnbare dichtheid en in dezelfde proporties, vermits de effektieve diffusie als E^3/S^2 varieert, zal men na vergassing een effektieve diffusie hebben die 6,75 maal hoger is en de doeltreffendheidskoëfficiënt η_u gaat van 0,82 tot 0,98.

8. CONCLUSIONS

Bien que les conditions d'essais au laboratoire soient différentes des conditions de la pratique, l'ensemble des résultats obtenus au cours de la présente étude met en évidence un certain nombre de différences fondamentales entre le coke métallurgique et les cokes moulés qu'il nous a été donné d'étudier.

Le coke métallurgique classique est doté d'une très faible surface spécifique interne et d'une porosité très ouverte.

Il en résulte un faible indice de réactivité global et une absence de localisation de l'usure. Dans nos conditions expérimentales (950° C), la gazéification préférentielle de la surface des morceaux (usure externe) n'intervient que pour 5 à 10 % de l'usure totale, la diffusion du gaz vers l'intérieur des morceaux ne constitue pas un facteur limitatif de la vitesse de réaction et le « facteur d'efficacité » qui traduit le degré d'accessibilité des surfaces de réaction est voisin de l'unité.

A l'opposé, les cokes moulés et plus particulièrement ceux qui sont produits à partir de charbons maigres ou flambants (ERIM - DFC et flambant lorrain) sont dotés d'une très grande surface spécifique interne et d'une porosité peu ouverte.

8. BESLUITEN

Al zijn de proefomstandigheden in een laboratorium verschillend van de omstandigheden in de praktijk, toch laat het geheel van de uitslagen van deze studie een zeker aantal fundamentele verschillen uitschijnen tussen de metallurgische kooks en de geperste kookssoorten die ons ter studie werden voorgelegd.

Klassieke metallurgische kooks is begiftigd met een zeer klein inwendig soortelijk oppervlak en met een zeer open porositeit.

Het gevolg hiervan is een lage globale reaktiviteitsindex en een ontbreken van de lokalizering van de slijtage. In onze proefomstandigheden (950° C) komt de voorkeurvergassing van het oppervlak van de stukken (uitwendige slijtage) slechts voor 5 tot 10 % tussenbeide in de totale slijtage, de diffusie van het gas naar het binnenste van de stukken toe vormt geen begrenzende faktor voor de reaktiesnelheid en de « doeltreffendheidsfaktor » die de toegankelijkheidsgraad van de oppervlakken aangeeft, ligt nabij de eenheid.

Aan de andere kant zijn de geperste kookssoorten en meer in het bijzonder die welke uit magere steenkool of uit vlamkolen worden vervaardigd (ERIM, DFC en Lotharingse vlamkool), begiftigd met een zeer groot inwendig soortelijk oppervlak en een weinig open porositeit.

La combinaison de ces deux caractéristiques conduit à une réactivité globale plus élevée que celle des cokes classiques et à une localisation préférentielle de l'usure à la surface des morceaux. Dans nos conditions expérimentales, l'usure externe atteint 30 à 40 % de l'usure totale et l'usure interne est elle-même localisée dans une couche d'assez faible profondeur, au voisinage de la surface, la vitesse de réaction étant largement tributaire de la vitesse de diffusion du gaz vers l'intérieur de l'aggloméré.

Ces différences de caractéristiques entraînent des conséquences pratiques qui peuvent influer considérablement sur la marche du haut fourneau.

1. La grande surface spécifique des cokes moulés les rend capables d'adsorber d'importantes quantités d'eau, qui peuvent varier en fonction des conditions climatiques et constituer un facteur d'irrégularité dans le fonctionnement du fourneau.
2. La forte réactivité globale des cokes moulés accentue le phénomène de gazéification dans la partie supérieure du fourneau et augmente d'autant la mise au mille.
3. La localisation préférentielle des phénomènes de gazéification près de la surface des agglomérés entraîne une dégradation progressive de cette surface, qui favorise l'entraînement de poussières dans les gaz de gueulard et la présence de particules de carbone dans le laitier.
4. La réduction du volume des agglomérés résultant de l'usure externe entraîne une diminution du volume utile qui subsiste lorsque le coke moulé parvient dans les zones les plus chaudes du fourneau et réduit d'autant son aptitude à jouer le rôle de « grille » dans la zone des étalages. Cette circonstance peut encore être aggravée par la forme arrondie des cokes moulés, qui accroît leur densité en vrac et réduit l'ouverture des chenaux disponibles pour l'écoulement des gaz et des liquides.

Cette analyse met en évidence un certain nombre d'infériorités intrinsèques du coke moulé qui sont de nature à freiner l'extension de son utilisation.

Il faut souligner, par ailleurs, que les méthodes classiques d'appréciation de la qualité des cokes métallurgiques sont difficilement transposables au contrôle des cokes moulés.

C'est le cas, en particulier, dans le domaine des mesures de réactivité. Les résultats exposés au long de cette étude font clairement apparaître que la réactivité des cokes moulés est largement tributaire des phénomènes de diffusion. Il importe, dès lors, que sa mesure soit réalisée sur des agglomérés entiers et dans des conditions expérimentales qui puissent simuler les conditions d'utilisation industrielle.

De kombinatie van de twee kenmerken leidt tot een hogere globale reaktiviteit dan die van klassieke kooks en tot een voorkeurlokalizatie van de slijtage aan de oppervlakte van de stukken. In onze experimentele omstandigheden bereikt de uitwendige slijtage 30 tot 40 % van de totale slijtage en de inwendige slijtage zelf is gelokalizeerd in een vrij ondiep gelegen laag om en bij de oppervlakte terwijl de reaktiesnelheid in grote mate afhankelijk is van de diffusiesnelheid van het gas naar het binnenste van het agglomeraat toe.

Deze kenmerkverschillen brengen praktische gevolgen mee die een aanzienlijke invloed kunnen hebben op de gang van de hoogoven.

1. Door het grote soortelijke oppervlak van geperste kooks kan deze kooks grote hoeveelheden water adsorberen die naargelang van de klimaatsomstandigheden kunnen variëren en een onregelmatigheidsfaktor betekenen voor de werking van de oven.
2. De hoge globale reaktiviteit van geperste kooks benadrukt het vergassingsverschijnsel in het hogergelegen gedeelte van de oven en verhoogt het soortelijk kooksverbruik.
3. De voorkeurlokalizatie van de vergassingsverschijnselen bij het oppervlak van de agglomeraten brengt een geleidelijke afbraak van deze oppervlakte met zich mee wat het meevoeren van stof in het ovengas en het voorkomen van koolstofdeeltjes in de slak begunstigt.
4. De inkrimping van het volume van de agglomeraten als gevolg van de uitwendige slijtage brengt een vermindering van het nuttige volume mee dat blijft bestaan als de geperste kooks in de heetste zones van de oven komt en beperkt dus zijn geschiktheid om de rol van « rooster » te spelen in de spreidingszone. Deze omstandigheid kan nog zwaarder doorwegen bij een afgeronde vorm van geperste kooks die hun bulkdichtheid doet toenemen en de opening verkleint van de goten die voor de stroming van gas en vloeistoffen beschikbaar zijn.

Uit deze analyse blijkt dat geperste kooks een bepaald aantal intrinsieke minderwaardige kenmerken bezit die van aard zijn zijn gebruiksuitbreiding af te remmen.

Er dient trouwens onderstreept te worden dat de klassieke waarderingsmetodes voor de kwaliteit van metallurgische kooks moeilijk op de kontrole van geperste kooks kan overgezet worden.

In het bijzonder is dit het geval op het vlak van de reaktiviteitsmetingen. De in de loop van deze studie uiteengezette uitslagen laten duidelijk uitschijnen dat de reaktiviteit van geperste kooks in ruime mate afhankelijk is van de diffusieverschijnselen. Bijgevolg is het van belang dat zijn meting wordt uitgevoerd op volle agglomeraten en in proefomstandigheden die de omstandigheden van industrieel gebruik kunnen nabootsen.

Il conviendrait, au surplus, que les méthodes qui seront retenues se prêtent non seulement à une appréciation globale de la réactivité, mais aussi à une caractérisation du phénomène qui puisse mettre en évidence l'importance relative des usures « interne » et « externe ».

9. REMERCIEMENTS

Cette étude a été entreprise dans le cadre des « Recherches fondamentales dans le domaine de la chimie et de la physique des houilles et des cokes ».

Nous remercions vivement la Commission des Communautés Européennes (CCE) pour l'aide financière qu'elle nous a consentie.

10. BIBLIOGRAPHIE

A l'occasion de cette étude, nous avons rassemblé une importante liste bibliographique d'ouvrages et d'articles relatifs à la réactivité des cokes.

Cette liste, qui comprend 328 références classées alphabétiquement par noms d'auteurs, est reprise in-extenso en annexe du Bulletin Technique « Valorisation et Utilisation des Combustibles » n° 42, juillet 1973.

Nous en extrayons les articles auxquels nous nous sommes référés dans le développement de notre exposé.

[27] BLAKE J.H., BOPP G.R., JONES J.F., MILLER M.G. & TAMBO W. — Aspects of the reactivity of porous carbons with carbon dioxide. *Fuel* (London), 1967, 46, p. 115-125. *C.A.* 1967, vol. 67, 34713 h.

[30] BOND R.L. — Porous carbon solids. *Academic Press Inc.* (London) 1967.

[63] DUHAMEAU W. — Estimation de la teneur en carbone d'un coke à partir des résultats de l'analyse immédiate suivant M.O. Inichar (M.V. à 1050 °C). *Doc. interne INIEX,* janvier 1970.

[67] EIFERT K.D. — Untersuchungen zur Kennzeichnung der Reaktionsoberfläche bei der Koksvergasung mit CO_2. Vortrag anlässlich des 8. *Round-Table-Gesprächs* am 28. und 29. November 1968 in Essen-Kray.

[109] GUERIN H., REBAUDIERES P., GRILLET Y. & FRANÇOIS M. — Sur la réactivité des carbones prégraphitiques. I. Etude de l'oxyréactivité des cokes métallurgiques. *Bull. Soc. Chim. France,* 1964, p. 371-375.

[113] GUERIN H. et BASTICK M. — La réactivité des carbones prégraphitiques. *Les Carbones, tome II, Masson et Cie,* 1965, p. 386-455.

[168] LEDENT P., BURTON G. et MARCOURT M. — Le développement du procédé INIEX pour la fabrication du coke moulé. Technique et évolution dans le domaine de la cokéfaction. *CECA-CID* (Luxembourg). Journées d'Information du 23-24 avril 1970. 1970, juillet, p. 187-205.

[173] L'HOMME G.A., BOUDART M. et D'OR L. — Etude de cinétique de l'oxydation lente d'un noir de carbone par l'oxygène gazeux. *Bull. Ac. Roy. Belg. Cl. Sci.* 52, 1966, p. 1206-1248.

Bovendien zouden de in aanmerking genomen metodes zich niet alleen moeten lenen tot een globale appreciatie van de reaktiviteit maar ook tot een karakterizering van het verschijnsel dat het betrekkelijke belang van de « inwendige » en « uitwendige » slijtage kan aantonen.

9. DANKWOORD

Deze studie werd in het kader van de « Fundamentele navorsingen op het vlak van de chemie en fysika van steenkool en kooks » ondernomen.

We danken ten zeerste de Kommissie van de Europese Gemeenschappen (CEG) voor de ons verleende financiële steun.

10. BIBLIOGRAFIE

Naar aanleiding van deze studie hebben wij een uitgebreide bibliografische lijst van werken en artikels betreffende de reaktiviteit van kooks opgemaakt.
Hierin komen 328 volgens de naam van de auteurs alfabetisch geklasseerde referenties voor en deze lijst werd in extenso opgenomen in de bijlage van nummer 42 van het Technisch Tijdschrift « Valorisatie en Gebruik van de Brandstoffen » van juli 1973.

Wij vermelden hier de artikels waarnaar wij in het verloop van onze uiteenzetting hebben verwezen.

[179] MARCOURT M. et RENSON H. — Etude des sous-produits obtenus par le procédé INIEX de fabrication de coke moulé. *14ème Table Ronde.* Valorisation physique et chimique des charbons, Liège, Palais des Congrès, 7 octobre 1971.

[222] RAPPENEAU J., BOCQUET M., FILLATRE A. & TRUTT J.C. — Perméabilité aux gaz des graphites nucléaires - Etudes de la structure poreuse par porosimétrie au mercure. *Proceedings of the Fifth Conference on Carbon,* vol. 1, p. 335-353. *Pergamon Press* 1962.

[227] POOS A., PONGHIS N. & VANOSMAEL C. — Influence des propriétés du coke sur la marche du haut fourneau. Essais avec cokes moulés. *Cent. Doc. Sidérurg., Circ. Inform. Techn.,* 1971, 28, n° 2, p. 449-467.

[263] SHIRAI T. & ISHIDA M. — Non-isothermal analysis of unreacted-core model for the burning rate of single carbon-cement spheres. *Chem. Eng. Jap.* 1969, n° 2, p. 180.

[284] TIEN R.H. & TURKDOGAN E.T. — Incomplete pore diffusion effect on internal burning of carbon. *Carbon,* 1970, 8 (5), p. 607-621.

[310] WANG S.C., WEN C.Y. — Oxidation of carbon in porous solids. *Amer. Chem. Soc., Div. Fuel Chem., Prep.* 1970, 14 (5), p. 80-89 et AICHE Journal, 1972, vol. 18, n° 6, p. 1231-1238.

[326] YOSHIDA KUNIO & KUNIJ DAIZO — Gasification of porous carbon by carbon dioxide. *J. Chem. Eng. Jap.,* 1969, 2 (2), p. 170-174.

Rapport et conclusions du groupe mixte sur la pollution atmosphérique résultant de l'emploi des combustibles dans les installations fixes

O.C.D.E. - Direction de l'Environnement

Verslag en besluiten van de gemengde groep over de luchtverontreiniging te wijten aan het gebruik van brandstoffen in vaste installaties

O.E.S.O. - Bestuur voor Leefmilieu

En 1970, l'OCDE a réuni un Groupe de Travail qui a été chargé de procéder à une analyse prévisionnelle de la situation, en matière de pollution atmosphérique, qui pourrait résulter de l'utilisation des combustibles dans les installations fixes au cours de la période allant de 1968 à 1980.

Pour la première fois, il a été procédé à une évaluation internationale de la situation en matière de pollution atmosphérique en considérant les émissions de polluants spécifiques à partir de différents types de combustibles brûlés, pour divers secteurs d'utilisation. La technologie actuellement disponible pour lutter contre ces émissions ainsi que ses coûts a été également évaluée. Ce rapport offre ainsi une base préliminaire importante permettant d'examiner les options qui se posent en matière de politique de l'environnement en liaison avec la production et l'utilisation de l'énergie à l'horizon de la présente décennie et aussi, implicitement, pour la période s'étendant au-delà de 1980.

Le rapport de ces travaux est un document de 200 pages, qui comporte 6 chapitres techniques et 8 annexes traitant des différents aspects du problème.

In 1970 heeft de OESO een werkgroep bijeengeroepen die belast werd met de uitvoering van een op de vooruitzichten gebaseerde analyse van de toestand inzake de luchtverontreiniging, die zou kunnen voortkomen uit het gebruik van brandstoffen in vaste installaties in de loop van de periode 1968-1980.

Voor het eerst werd de toestand inzake de luchtverontreiniging op internationale schaal geëvalueerd door de emissies van specifieke verontreinigende stoffen te bekijken, vertrekkend van verschillende brandstoftypes en voor verschillende gebruikssektoren. Tevens werden de technologie die op dit ogenblik in de strijd tegen deze emissies kan gebruikt worden, en de hiermee gepaard gaande kosten geëvalueerd. Dit verslag biedt dus een belangrijk uitgangspunt waarmee kan onderzocht worden welke opties kunnen genomen worden inzake een leefmilieubeleid, dat verband houdt met de energieproduktie en het energieverbruik op het einde van dit decennium en impliciet ook voor de periode die verder gaat dan 1980.

Het verslag van de werkzaamheden is een dokument van 200 bladzijden dat 6 technische hoofdstukken en 8 bijlagen bevat die de verschillende aspekten van het probleem behandelen.

L'OCDE a bien voulu nous autoriser à reproduire in-extenso la première partie de ce document, qui résume les principales conclusions de l'étude.

Nous sommes heureux de présenter à nos lecteurs ce texte d'un très haut intérêt pour tous les techniciens concernés par les problèmes d'approvisionnement en énergie et par les questions d'environnement.

La Rédaction.

1. SITUATION D'ENSEMBLE DE L'OCDE

Sur la base des prévisions de la demande de combustibles pour les pays de l'OCDE, en admettant que ne soient mis en œuvre aucuns moyens autres que ceux qui sont déjà prévus, les émissions d'oxyde de soufre et d'oxydes d'azote devraient presque doubler au cours de la période 1968-1980. En ce qui concerne les poussières, un accroissement d'ensemble est également prévu, bien qu'il doive être moindre que celui des deux autres polluants. Les émissions d'oxyde de soufre provenant de l'emploi des combustibles dans les installations fixes peuvent représenter une très large proportion des émissions de soufre dans l'hémisphère Nord, y compris celles provenant d'émissions naturelles et des émissions industrielles autres que la combustion: traitement des minerais et émissions des pays non-membres de l'OCDE. Ceci veut dire que la contribution humaine à la charge totale de composés du soufre, dans l'atmosphère, peut devenir très importante et avoir une incidence sur le cycle naturel du soufre. Les incidences d'une telle situation sur la santé humaine, l'agriculture et d'autres aspects de l'environnement postulent une évaluation par les organismes scientifiques compétents. En ce qui concerne les oxydes d'azote, et les particules solides, la situation est moins claire mais demande aussi à être examinée.

L'étude dont il s'agit a confirmé qu'au cours de la prochaine décennie, la demande d'énergie dans les pays de l'OCDE continuera essentiellement à être satisfaite par des combustibles fossiles. Cependant, la répartition de la consommation des combustibles, entre combustibles solides, liquides et autres est susceptible d'être très différente en Amérique du Nord, en Europe occidentale et au Japon. Il y aura également des différences majeures entre les diverses zones dans ces régions par exemple entre le bassin méditerranéen et le reste de l'Europe occidentale. En outre, les différents pays s'attendent à la manifestation de tendances très différentes en matière de consommation de combustibles, pendant la période dont il s'agit, tant en ce qui concerne la consommation d'ensemble de chacun des types de combustibles disponibles que pour le choix des

De OESO heeft ons welwillend toegestaan het eerste deel van het dokument, dat de voornaamste besluiten van de studie samenvat, in extenso weer te geven.

Wij zijn verheugd deze tekst aan onze lezers voor te stellen; hij is van grote waarde voor alle technici die begaan zijn met de problemen van de energiebevoorrading en van het leefmilieu.

De Redaktie.

1. OVERZICHT VAN DE TOESTAND IN DE OESO

Op basis van de vooruitzichten van de vraag naar brandstoffen voor de OESO-landen en in de veronderstelling dat geen andere middelen zullen aangewend worden dan die welke reeds in het uitzicht gesteld zijn, zouden de zwavel- en stikstofoxydeëmissies in de loop van de periode 1968-1980 bijna verdubbeld worden. Wat het stof betreft, wordt ook een algemene verhoging in het uitzicht gesteld die echter kleiner zou zijn dan die van de twee andere verontreinigende stoffen. De zwaveloxydeëmissies die voortkomen van het brandstofverbruik in vaste installaties, kunnen een belangrijk deel uitmaken van de zwavelemissies in het noordelijk halfrond, met inbegrip van de natuurlijke en industriële emissies die een andere oorsprong hebben dan de verbranding : behandeling van ertsen en emissies van landen die geen lid zijn van de OESO. Dit wil zeggen dat de bijdrage van de mens in de totale hoeveelheid zwavelige bestanddelen in de lucht zeer belangrijk kan worden en een weerslag kan hebben op de natuurlijke zwavelcyclus. De invloed van een dergelijke toestand op de volksgezondheid, op de landbouw en op andere aspekten van het leefmilieu vergen een evaluatie door bevoegde wetenschappelijke instellingen. De toestand in verband met stikstofoxydes en vaste deeltjes is minder duidelijk maar ook hier is een onderzoek gewenst.

De bedoelde studie heeft bevestigd dat in de loop van het volgende decennium aan de vraag naar energie in de landen van de OESO hoofdzakelijk zal blijven voldaan worden door fossiele brandstoffen. De verdeling van het brandstofverbruik in vaste, vloeibare en andere brandstoffen kan echter zeer verschillend zijn in Noord-Amerika, West-Europa en Japan. Er zullen tevens grote verschillen voorkomen tussen sommige zones in deze gebieden, bijvoorbeeld tussen het bekken van de Middellandse Zee en de rest van West-Europa. De verschillende landen verwachten bovendien dat tijdens de bedoelde periode zeer verschillende tendensen inzake brandstofverbruik zullen tot uiting komen zowel wat betreft het totale verbruik van elke beschikbare brandstofsoort, als wat de keuze van de brandstof binnen de verschillende sektoren aangaat. Dit betekent

combustibles à l'intérieur des divers secteurs. Cela signifie que la situation, en matière d'émissions, variera selon les pays et les zones à l'intérieur des pays, les émissions dans certaines zones augmentant, en proportion, bien davantage que la moyenne, tandis que, dans d'autres, elles peuvent même arriver à décroître, au cours de la décennie. En conséquence, les stratégies de lutte contre la pollution devraient, elles aussi, être diverses et conduire à des priorités différentes dans la mise au point des méthodes de réduction. L'accroissement prévu de la demande d'ensemble de combustibles fossiles semble écarter la possibilité de toute réduction d'ensemble des émissions dans l'atmosphère, par l'emploi de l'utilisation préférentielle des ressources existantes en combustibles propres, mais il existe de grandes possibilités de limitation des émissions, provenant de sources spécifiques, par un emploi sélectif des combustibles. De telles stratégies d'emploi sélectif des combustibles, déjà mises en œuvre dans beaucoup de pays Membres, devraient avoir une grande valeur pour l'optimisation des coûts de lutte contre la pollution.

2. PREVISIONS RELATIVES A LA SITUATION DES COMBUSTIBLES

En vue de la préparation de l'étude ad hoc, on a réuni des statistiques sur les combustibles qui, en brûlant dans les installations fixes, produisent de la pollution atmosphérique. Il convient de se rappeler qu'on n'a pas essayé de dresser un bilan de l'énergie. De grandes différences existent entre les régions en ce qui concerne la structure de la consommation; l'étude les met en relief et ces différences exercent une forte influence sur les émissions de polluants dans l'atmosphère. Dans l'Europe OCDE, la consommation en 1968 des combustibles liquides, dans les installations fixes, 279 millions de Tep, devrait atteindre 671 millions en 1980; en Amérique du Nord, on passera de 189 millions en 1968 à 318 millions en 1980; au Japon, de 69 millions à 272 millions. Dans l'Europe de l'OCDE, et au Japon, les combustibles liquides représenteront 60 % de la consommation totale des combustibles en 1980 tandis que les combustibles solides et gazeux compteront chacun pour 20 %.

En Amérique du Nord, le charbon et le gaz naturel compteront pour 83 % de la consommation pour 1980 - le charbon représentant 29 % et le gaz 54 % du total. Entre 1968 et 1980, on s'attend à une augmentation de 90 % de la consommation de charbon. Par contre, pour l'Europe, dans son ensemble, pendant cette même période, on s'écartera du charbon qui perdra en moyenne 30 % du total. Cependant en Turquie et en Grèce, on prévoit un accroissement considérable

dat de toestand inzake emissies van land tot land en van de ene tot de andere zone in een land zal veranderen; in bepaalde zones zullen de emissies in verhouding boven het gemiddelde uitstijgen terwijl ze in andere zones zelfs kunnen dalen in de loop van het decennium. Daarom zouden de bestrijdingswijzen van de luchtverontreiniging ook verschillend moeten zijn en moeten leiden tot verschillende prioriteiten in het uitwerken van metodes voor de vermindering van de verontreiniging. De voorziene stijging van de totale vraag naar fossiele brandstoffen lijkt de mogelijkheid van een algemene verlaging van de emissies in de lucht, door bij voorkeur gebruik te maken van bestaande bronnen van zuivere brandstoffen, uit te sluiten, maar er bestaan grote mogelijkheden van beperking van emissies, voortkomende van specifieke bronnen, door een selektief gebruik van de brandstoffen. Dergelijke strategieën voor selektief gebruik van de brandstoffen, die reeds aangewend worden in vele lidstaten, zouden een grote waarde moeten hebben voor de optimalisatie van de kosten van de bestrijding van de verontreiniging.

2. VOORUITZICHTEN BETREFFENDE DE BRANDSTOFFENTOESTAND

Met het oog op de voorbereiding van de studie ad hoc werden statistieken verzameld over de brandstoffen die luchtverontreiniging veroorzaken wanneer ze in vaste installaties verbrand worden. Het is goed eraan te herinneren dat niet getracht werd een energiebalans op te stellen. Tussen de gebieden bestaan grote verschillen inzake de struktuur van het verbruik; de studie haalt die verschillen met een grote invloed op de emissie van verontreinigende stoffen in de atmosfeer naar voren. In 1968 bedroeg het verbruik van vloeibare brandstoffen in vaste installaties in OESO-Europa 279 miljoen Tep en het zou 671 miljoen moeten bereiken in 1980; in Noord-Amerika zal men van 189 miljoen in 1968 gaan naar 318 miljoen in 1980; in Japan van 69 miljoen naar 272 miljoen. In OESO-Europa en in Japan zullen de vloeibare brandstoffen 60 % van het totale brandstofverbruik vertegenwoordigen in 1980 terwijl de vaste en gasvormige brandstoffen ieder voor 20 % zullen meetellen.

In Noord-Amerika zullen in 1980 steenkool en aardgas 83 % van het verbruik uitmaken : 29 % van het totaal voor steenkool en 54 % voor gas. Verwacht wordt dat het steenkolenverbruik tussen 1968 en 1980 met 90 % zal stijgen. In Europa daarentegen zal de steenkool ter zijde gelaten worden en die zal gemiddeld 30 % van het totaal verliezen in dezelfde periode. In Turkije en Griekenland daarentegen wordt een aanzienlijke stijging van het bruinkoolverbruik in 't uitzicht

de la consommation de lignite. En outre, le Groupe des pays méditerranéens prévoit une très forte augmentation de la consommation de combustibles, de l'ordre de 166 %, pendant la période en question, qui doit être comparée avec une augmentation d'ensemble, pour l'OCDE, de 73 %.

Quelques changements se produiront dans la structure de la consommation par secteurs et à l'intérieur des secteurs, qui auront quelque influence sur les politiques de lutte contre la pollution. En Amérique du Nord, la demande de combustibles, pour les centrales et pour l'industrie, augmentera sensiblement plus que pour les usages domestiques et divers. Ces derniers, qui représentaient 27 % de la demande totale en 1968, tomberont à 17 % en 1980. Dans les pays européens et au Japon, où l'on observera une tendance similaire mais très atténuée, la structure restera sensiblement la même qu'en 1968. Le changement de structure exercera quelque influence sur la lutte contre la pollution, du fait que les méthodes de réduction de la pollution diffèrent beaucoup entre elles, selon qu'il s'agit des grandes installations ou du secteur domestique et commercial. En outre, au sein du secteur domestique et commercial, les combustibles gazeux et liquides assureront une partie beaucoup plus importante des besoins en 1980 qu'en 1968, spécialement en Europe (89 % en 1980 contre 63 % en 1968).

3. ESTIMATION DES EMISSIONS DE POLLUANTS

Oxydes de soufre

Les principales sources des émissions d'oxydes de soufre sont la combustion du charbon en Amérique du Nord et celle des combustibles liquides en Europe et au Japon, 60 % de l'ensemble des émissions provenant des Centrales Electriques. En 1968, les combustibles liquides ont émis 53 % de l'ensemble des oxydes de soufre, ce pourcentage pouvant atteindre 76 % en 1980. En Amérique du Nord, le pourcentage actuel : 20 %, ne semble pas devoir changer d'ici 1980.

Pour les Etats-Unis dont 80 % au moins des réserves de charbon connues ont une teneur en soufre moyenne ou élevée, l'accroissement de la consommation de charbon est un facteur très important, en ce qui concerne les émissions de soufre. Cette augmentation se produira principalement dans le secteur des Centrales Electriques. De même, pour la Grèce et la Turquie, les augmentations importantes prévues pour la consommation de lignite, de même que pour la production d'électricité auront pour conséquence une nette augmentation des émissions d'oxydes de

gesteld. De groep landen rond de Middellandse Zee voorziet daarenboven een zeer forse stijging van het brandstofverbruik in dezelfde periode van ongeveer 166 %, die vergeleken moet worden met de algemene stijging van 73 % voor de OESO.

In de verbruiksstruktuur per sektor en in de sektoren zelf zullen enkele wijzigingen komen die een zekere invloed zullen hebben op de bestrijdingspolitiek van de luchtverontreiniging. In Noord-Amerika zal de stijging van de vraag naar brandstoffen voor centrales en industrie merkelijk groter zijn dan die voor huishoudelijk gebruik en voor diverse doeleinden. Deze laatste die in 1968, 27 % van de totale vraag uitmaakten, zullen in 1980 terugvallen op 17 %. In de Europese landen en in Japan, waar dezelfde, maar zeer verzwakte tendens zal waargenomen worden, zal de struktuur ongeveer dezelfde blijven als in 1968. De wijziging van de struktuur zal enige invloed uitoefenen op de bestrijding van de verontreiniging doordat de metodes voor de vermindering van de verontreiniging sterk van elkaar verschillen naargelang het gaat over grote installaties of over de huishoudelijke en kommerciële sektor. Daarenboven zullen de gasvormige en vloeibare brandstoffen in 1980 in de huishoudelijke en kommerciële sektor een groter deel van de behoeften dekken dan in 1968, vooral in Europa (89 % in 1980 tegen 63 % in 1968).

3. RAMING VAN DE EMISSIES VAN DE VERONTREINIGENDE STOFFEN

Zwaveloxydes

De voornaamste bronnen van de zwaveloxyde-emissies zijn de verbranding van steenkool in Noord-Amerika en die van vloeibare brandstoffen in Europa en Japan waarbij 60 % van de totale emissie voortkomt van de elektrische centrales. In 1968 kwam 53 % van de totale zwaveloxyde-emissie voort van de vloeibare brandstoffen, en dit percentage kan 76 % bereiken in 1980. In Noord-Amerika zal het huidige percentage (20 %) tussen nu en 1980 waarschijnlijk niet veranderen.

Voor de Verenigde Staten, waar tenminste 80 % van de bekende steenkoolreserves een gemiddeld of een hoog zwavelgehalte hebben, is de stijging van het steenkoolverbruik een belangrijke faktor voor wat de zwavelemissies betreft. Deze stijging zal zich hoofdzakelijk in de sektor van de elektrische centrales voordoen. Hetzelfde geldt ook voor Griekenland en Turkije waar een flinke toename van het bruinkoolverbruik voor de elektriciteitsproduktie een duidelijke stijging van de zwaveloxydeëmissies tot gevolg zal hebben. In de rest van Europa zal de struktuurwijziging in het ver-

soufre. Pour le reste de l'Europe, le changement de la structure de la consommation des combustibles solides ne changera pas sensiblement celle des émissions de soufre.

En Europe et au Japon en particulier, c'est la teneur en soufre du pétrole brut qui aura la plus forte influence sur les émissions d'oxydes de soufre dans ces zones. A l'heure actuelle, l'incertitude est grande pour l'avenir et par conséquent, elle règne aussi en ce qui concerne les mesures à prendre pour réduire ces émissions.

bruik van vaste brandstoffen de zwavelemissiestruktuur niet gevoelig veranderen.

In Europa en vooral in Japan zal het zwavelgehalte van de ruwe petroleum de grootste invloed op de zwaveloxydeëmissies in deze zones hebben. Op dit ogenblik heerst er een grote onzekerheid voor de toekomst en daardoor ook voor wat de maatregelen betreft die moeten genomen worden om de emissies te beperken.

Emission d'oxyde de soufre. – Zwaveloxyde-emissie

	1968 10^6 t *1968 10^6 ton*	1980 (a) 10^6 t *1980 (a) 10^6 ton*	% d'augmentation *% stijging*	
Europe OCDE	16,7	27,4	63	OESO Europa
Amérique du Nord	26,6	53,2	100	Noord-Amerika
Japon	4,0	14,0	250	Japan
Total	47,3	94,6	100	Totaal

(a) Dans l'hypothèse où il n'y a pas de lutte contre les émissions.
(a) In de veronderstelling dat de emissie niet wordt bestreden.

Particules

L'émission des particules a son origine principale dans la combustion des combustibles solides, celles provenant des combustibles liquides étant beaucoup plus faibles. Pour l'Europe dans son ensemble, en vertu de l'abandon du charbon et de l'amélioration des techniques, l'émission des particules devrait diminuer d'environ 10 % au cours de la décennie. Cependant, pour le groupe des pays méditerranéens, les émissions augmenteront fortement, d'environ 66 %. L'émission prévue de particules, pour les Etats-Unis et le Japon, fait apparaître un accroissement très fort, par comparaison avec la plupart des pays, sur la base des pratiques actuelles. Mais la situation réelle en 1980 sera sans doute différente de celle qui a été prévue, du fait des strictes mesures qui ont été appliquées, jusqu'à présent, d'une façon limitée mais devraient tendre à se généraliser avant 1980.

Oxydes d'azote

En dépit du caractère incertain des calculs des émissions d'oxydes d'azote, il est probable que, durant les premières années de la décennie, leur niveau s'élèvera à peu près au même taux que la consommation de combustibles du fait qu'à l'heure actuelle il n'y a pas de techniques de lutte qui soient largement appliquées à ces com-

Deeltjes

De deeltjesemissie vindt haar belangrijkste oorsprong in de verbranding van vaste brandstoffen; van vloeibare brandstoffen komt een veel kleinere hoeveelheid voor. Gelet op het opgeven van de steenkool en op de verbetering van de technieken, zou de deeltjesemissie in Europa over het algemeen met ongeveer 10 % moeten dalen in de loop van het decennium. In de groep van de Middellandse Zeelanden zullen de emissies daarentegen sterk stijgen : ongeveer 66 %. Voor de Verenigde Staten en Japan wordt in vergelijking met de meeste landen een sterke stijging van de deeltjesemissie in 't uitzicht gesteld op basis van de huidige praktijken; de werkelijke toestand in 1980 zal er zonder twijfel anders uitzien dan de voorspelde, gezien de strenge maatregelen die tot nu toe slechts beperkt toegepast werden maar die voor 1980 zouden moeten veralgemeend worden.

Stikstofoxydes

Hoe onzeker de berekeningen van de stikstofoxydeëmissies ook zijn, tijdens de eerste jaren van dit decennium zullen deze waarschijnlijk toch ongeveer hetzelfde peil bereiken als het brandstofverbruik: op dit ogenblik zijn er immers geen bestrijdingstechnieken die veelvuldig op deze stoffen toegepast worden. De emissies

posés. Les émissions provenant d'installations fixes auront augmenté en moyenne de 70 à 75 % en 1980. Les centrales et l'industrie se partagent à peu près également 90 % des émissions d'oxydes d'azote provenant des installations fixes. Il convient de ne pas oublier que les véhicules à moteur contribuent presque autant que les installations fixes au total des émissions d'origine humaine de ces composés.

uit vaste installaties zullen in 1980 gemiddeld met 70 tot 75 % toegenomen zijn. De centrales en de nijverheid staan samen, en ongeveer in gelijke mate, in voor 90 % van de stikstofemissies die voortkomen van vaste installaties. Men mag echter niet vergeten dat de motorvoertuigen ongeveer evenveel bijdragen tot het totaal van de stikstofemissies van menselijke oorsprong als de vaste installaties.

Emissions d'oxydes d'azote. – Stikstofoxyde-emissies.

	1968 10^6 t *1968 10^6 ton*	1980 (a) 10^6 t *1980 (a) 10^6 ton*	% d'augmentation *% stijging*	
Europe OCDE	4,5	7,1	57	OESO-Europa
Amérique du Nord	9,3	16,6	78	Noord-Amerika
Japon	1,0	3,4	240	Japan
Total	14,8	27,1	83	Totaal

(a) Dans l'hypothèse où il n'y a pas de lutte contre les émissions.
(a) In de veronderstelling dat de emissies niet bestreden worden.

4. LES STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION ET LEUR EFFET SUR LES EMISSIONS — QUELQUES INCIDENCES

Les stratégies de lutte contre la pollution proposées par les divers pays Membres, dans leurs rapports nationaux, se fondent en partie sur les disponibilités en qualité et en quantité des combustibles nécessaires pour faire face à la demande prévue pour 1980. La situation à venir des émissions de polluants de l'atmosphère dépend à la fois des combustibles disponibles et des techniques de réduction de la pollution. Ces dernières doivent être développées, expérimentées et utilisées à une suffisamment grande échelle, avant l'année 1980, pour avoir une incidence sur la situation à cette époque. Elles comprennent les procédés de désulfuration des combustibles liquides, l'épuration des fumées, la désulfuration du charbon, la mise au point des techniques de combustion, qui réduirait les émissions d'oxydes d'azote et la découverte d'équipements de réduction des émissions des particules plus perfectionnés. Il est, sous cette rubrique, procédé, pour chaque polluant, à l'examen des techniques et des besoins en combustible, se rapportant aux stratégies de lutte contre la pollution, ainsi que de leur influence sur les émissions. Leurs coûts et leurs conséquences économiques, ainsi que les effets des

4. DE STRATEGIEEN VOOR DE BESTRIJDING VAN DE VERONTREINIGING EN HUN EFFEKT OP DE EMISSIES

De strategieën voor de bestrijding van de verontreiniging die door verschillende lidstaten in hun nationale verslagen werden voorgesteld, stoelen gedeeltelijk op de beschikbaarheid, zowel wat kwaliteit als wat kwantiteit betreft, van de brandstoffen die nodig zijn om de voor 1980 voorziene vraag aan te kunnen. De toekomstige toestand van de emissies van luchtverontreinigende stoffen hangt zowel van de beschikbare brandstoffen af, als van de technieken voor de beperking van de verontreiniging. Deze laatste moeten voor 1980 ontwikkeld, geprobeerd en op een voldoende grote schaal gebruikt worden om een invloed op de situatie van die tijd te kunnen hebben. Ze omvatten de procédés voor ontzwaveling van vloeibare brandstoffen, het zuiveren van rookgassen, de ontzwaveling van steenkool, het uitwerken van verbrandingstechnieken die de emissie van stikstofoxydes zouden beperken en het ontdekken van verbeterde inrichtingen voor de beperking van deeltjesemissie. In dit hoofdstuk worden voor elke verontreinigende stof de technieken en de behoeften aan brandstof onderzocht die betrekking hebben op de strategieën voor de bestrijding van de verontreiniging, alsook hun invloed op de

diverses politiques de réduction de la pollution, sont étudiés plus loin.

emissies. Hun kosten en ekonomische gevolgen alsook de effekten van de verschillende politieken voor de beperking van de verontreiniging, worden verder bestudeerd.

Oxydes de soufre

La situation à venir en Europe sera notablement influencée par les disponibilités en pétrole brut à basse teneur en soufre et leur exploitation, ainsi que par les ressources en gaz naturel d'Afrique, et de la Mer du Nord. La situation de l'Amérique du Nord dépend beaucoup du gaz naturel et du charbon, y compris l'extraction du charbon à faible teneur en soufre. A un moindre degré, mais d'une manière notable, elle dépendra aussi d'une manière croissante de la teneur en soufre du pétrole brut importé. Tous les combustibles qui auront naturellement une teneur en soufre peu élevée seront très demandés et l'offre sera insuffisante. Substituer ces combustibles à d'autres ne saurait donc suffire à résoudre le problème des émissions de soufre dans son ensemble.

Toute amélioration d'ensemble de la situation prévisible pour 1980, des oxydes de soufre au Japon et dans beaucoup des pays Européens, dépend principalement, outre le développement prévu des bruts et gaz naturel à basse teneur en soufre, du développement et de la mise en œuvre de procédés de désulfuration, susceptibles de produire des combustibles à faible teneur en soufre et des procédés d'épuration des fumées. La situation des oxydes de soufre, en Amérique du Nord, dépendra essentiellement du développement et de la mise en service des procédés d'épuration des fumées et de lavage des charbons; elle sera en outre influencée par le développement de l'emploi du gaz naturel et l'extraction des charbons à basse teneur en soufre.

La désulfuration des distillats se pratique couramment dans la plupart des pays. Des techniques de désulfuration des fuels résiduels existent également et certains procédés sont en service au Japon. Le taux de désulfuration que l'on peut obtenir, qui se situe dans certaines limites pratiques, en l'état actuel de la technique, varie avec le produit traité et le procédé utilisé. Le coût de l'enlèvement du soufre augmente avec la quantité de soufre enlevée. En outre, certaines caractéristiques des fuels, telles que leur pouvoir calorifique, la viscosité, le point d'ébullition, se trouvent modifiées par l'opération de désulfuration. Il ne faut pas oublier que ces procédés entraînent par eux-mêmes une certaine consommation d'énergie. Il convient de tenir compte de ce facteur aussi bien en ce qui concerne la disponibilité en combustibles et la sécurité des approvisionnements.

En ce qui concerne les combustibles solides, des procédés d'enlèvement du soufre sont actuelle-

Zwaveloxydes

De toekomstige toestand in Europa zal aanzienlijk beïnvloed worden door de beschikbaarheid van zwavelarme ruwe aardolie en het gebruik dat men daarvan zal maken, alsook door de aardgasbronnen in Afrika en in de Noordzee. De toestand in Noord-Amerika hangt sterk af van aardgas en steenkool, de ontginning van zwavelarme steenkool inbegrepen . In mindere mate, maar toch merkbaar zal hij steeds meer afhangen van het zwavelgehalte van de ingevoerde ruwe aardolie. Alle brandstoffen die, op natuurlijke wijze, een laag zwavelgehalte zullen hebben, zullen veel gevraagd worden en het aanbod zal onvoldoende zijn. Deze brandstoffen door andere vervangen zal dus niet kunnen volstaan om het probleem van de zwavelemissies in zijn geheel op te lossen.

Elke algemene verbetering van de voor 1980 voorziene toestand voor zwaveloxydes in Japan en in vele Europese landen hangt, naast de voorziene ontwikkeling van zwavelarme ruwe aardolie en dito aardgas, hoofdzakelijk af van de ontwikkeling en de toepassing van ontzwavelingsprocédés die zwavelarme brandstoffen kunnen voortbrengen, en van procédés voor de zuivering van de rookgassen. De toestand voor de zwaveloxydes zal in Noord-Amerika vooral afhankelijk zijn van de ontwikkeling en het gebruik van procédés voor de zuivering van rookgassen en het wassen van steenkool; hij zal daarenboven beïnvloed worden door de ontwikkeling van het gebruik van aardgas en de ontginning van zwavelarme steenkool.

De ontzwaveling van de destillaten wordt in de meeste landen algemeen toegepast. Ontzwavelingstechnieken voor residuele stookoliën bestaan eveneens, en enkele procédés worden toegepast in Japan. De bereikbare ontzwavelingsgraad die in dit stadium van de techniek tussen bepaalde praktische grenzen ligt, verandert naargelang van het behandelde produkt en het gebruikte procédé. De kostprijs van de ontzwaveling stijgt met de hoeveelheid zwavel die verwijderd wordt. Daarenboven worden bepaalde karakteristieken van de stookoliën, zoals het kalorische vermogen, de viskositeit en het kookpunt veranderd door de ontzwaveling. Men mag niet vergeten dat deze procédés zelf een zeker energieverbruik meebrengen. Met deze faktor moet ook rekening gehouden worden, zowel wat de beschikbaarheid van de brandstoffen als wat de verzekering van de bevoorrading betreft.

Wat de vaste brandstoffen betreft, worden op dit ogenblik ontzwavelingsmetodes toegepast maar

ment utilisés, mais il existe une limite technique à la proportion de soufre qu'on peut relativement facilement retirer du charbon. Elle varie selon les types de charbon. La technique pourrait évoluer de deux façons, au cours de la prochaine décennie. L'une est la gazéification des combustibles solides, avec désulfuration subséquente du gaz avant sa combustion. L'autre est la désulfuration liée à l'emploi des techniques de combustion avec bain fluidisé. Toutes deux peuvent être aussi utilisées pour le fuel oil résiduel et sont susceptibles de recevoir des applications limitées avant la fin de la décennie.

Un certain nombre de procédés de désulfuration des fumées en sont maintenant à un stade avancé de développement industriel, particulièrement en Allemagne, au Japon et aux Etats-Unis. On estime que ces procédés commenceront à opérer sur une plus grande échelle à partir de cette année. Ils ne sont pas, actuellement, techniquement et économiquement réalisables pour de petites installations et seront donc employés principalement dans les Centrales Electriques.

En ce qui concerne certaines des stratégies de lutte contre les oxydes de soufre proposées par les divers pays Membres, certaines conditions pratiques de mise en application existent; elles donnent déjà quelques soucis. Si, par exemple, pour l'Europe OCDE, les pays décidaient de réduire les émissions de soufre au niveau de 1968, au moyen de la désulfuration des fuels, il faudrait réduire la teneur en soufre à 1 %. Si la teneur en soufre moyenne des fuels résiduels restait à son niveau de 1968, soit 2,3 %, en 1980, il faudrait construire 73 unités de désulfuration des fuels résiduels, d'une capacité de 50.000 barrels par jour de fonctionnement* au cours d'une période de 6 ou 7 ans. Un tel programme de construction ne paraît pas réaliste et soulève des questions de disponibilités d'investissement et de capacité de production. Mais, si la teneur en soufre du fuel résiduel des raffineries passait à 1,5 %, le nombre des unités de désulfuration nécessaires serait réduit à environ 30, chiffre qui pourrait, vraisemblablement, être atteint. Ceci montre à quel point la situation Européenne dépend de la découverte de nouvelles sources de bruts à basse teneur en soufre ou du remplacement des combustibles à forte teneur en soufre par d'autres, pour faire face à la demande.

* Une installation de raffinage de 50.000 barrels par jour de fonctionnement de capacité équivaut approximativement à $2,5 \times 10^6$ tonnes/an et les coûts des investissements correspondants peuvent représenter de 10 à 50 % des coûts des investissements pour l'opération de raffinage, selon le type de la raffinerie.

er is een praktische grens aan de hoeveelheid zwavel die vrij gemakkelijk aan de steenkool kan onttrokken worden. Ze verandert naargelang de steenkoolsoort. In de loop van het volgende decennium kan de techniek op twee manieren evolueren. De ene is de vergassing van vaste brandstoffen, met daaropvolgende ontzwaveling van het gas, vóór het verbrand wordt. De andere is de ontzwaveling in verband met het gebruik van verbrandingstechnieken met gefluïdiseerd bed. Beide kunnen ook voor residuele stookoliën gebruikt worden en kunnen beperkte toepassingen krijgen vóór het einde van het decennium.

Een aantal procédés voor de ontzwaveling van rookgassen zijn nu in een gevorderd stadium van industriële ontwikkeling, meer bepaald in Duitsland, in Japan en in de Verenigde Staten. Vanaf dit jaar, zo denkt men, zullen deze procédés op een grotere schaal beginnen te werken. Op dit ogenblik zijn ze technisch en ekonomisch niet uitvoerbaar voor kleine installaties en ze zullen dus vooral in elektrische centrales gebruikt worden.

Wat sommige, door verschillende lidstaten voorgestelde strategieën voor de bestrijding van zwaveloxydes betreft, bestaan er bepaalde praktische voorwaarden voor de toepassing ervan; ze baren reeds enige zorgen. Indien de landen van OESO-Europa bijvoorbeeld zouden besluiten de zwavelemissies tot het peil van 1968 te beperken door middel van ontzwaveling van de stookoliën, dan zou het zwavelgehalte tot 1 % moeten teruggebracht worden. Indien het gemiddelde zwavelgehalte van de residuele stookoliën in 1980 op het peil van 1968 nl. 2,3 %, zou blijven, dan zouden in een periode van 6 of 7 jaar 73 eenheden voor de ontzwaveling van residuele stookoliën met een kapaciteit van 50.000 barrels per werkingsdag moeten gebouwd worden*. Een dergelijk bouwprogramma lijkt niet realistisch en roept vragen op over de beschikbaarheid van investeringen en over de produktiekapaciteit. Maar indien het zwavelgehalte van de residuele stookoliën van de raffinaderijen op 1,5 % zou gebracht worden, dan zou het aantal ontzwavelingseenheden dat nodig is op ongeveer 30 gebracht worden, een cijfer dat waarschijnlijk wel bereikt kan worden. Dit toont aan hoe de toestand in Europa afhangt van de ontdekking van nieuwe bronnen zwavelarme aardolie of van de vervanging van zwavelrijke brandstoffen door andere, om aan de vraag te kunnen voldoen.

* Een raffineringsinstallatie met een kapaciteit van 50.000 barrels per werkingsdag geeft ongeveer $2,5 \times 10^6$ ton/jaar, en de overeenkomende investeringskosten kunnen 10 tot 50 % uitmaken van de investeringskosten voor de raffinage, naargelang het type van raffinaderij.

La situation en Amérique du Nord est comparable : dans cette région, les besoins prévus, en fuel-oils résiduels désulfurisés, représentent 1200 millions de barrels (environ 170 x 10^6 tonnes) pour 1980. Ceci implique la nécessité de 150 installations de traitement par l'hydrogène d'une capacité de 31.500 barrels par jour de fonctionnement* à intégrer dans les principales raffineries par exemple de 100.000 barrels par jour de fonctionnement (5 x 10^6 tonnes/an) ou davantage. L'économie du procédé est liée à l'existence de raffineries d'une dimension suffisante pour intégrer une de ces installations de traitement par l'hydrogène. En 1971, seulement 36 raffineries de dimension suffisante existaient aux Etats-Unis. Un programme de construction très accéléré est nécessaire, si l'on veut satisfaire les besoins en 1980, si toutefois cet objectif peut être atteint, en partant de la situation d'aujourd'hui. Des considérations semblables, impliquant des investissements élevés, sont applicables aux combustibles solides, lorsque l'extraction de charbons à basse teneur en soufre impose l'ouverture de nouvelles mines assez rapidement et en nombre suffisant pour satisfaire la demande. L'épuration des fumées, en ce qui concerne les oxydes de soufre, devra être employée sur une grande échelle et les problèmes de disposition des déchets doivent recevoir une solution satisfaisante.

Le Japon a un programme de désulfuration qui est actuellement en cours de réalisation. En 1968, la teneur en soufre du fuel oil était de 2,5 % et l'objectif pour 1980 est 1,2 %. Des unités de désulfuration directe et indirecte sont déjà opérationnelles. Vers 1973, la capacité de désulfuration devrait être de 800.000 barrels par jour de fonctionnement (environ 40 x 10^6 tonnes/an), avec 25 unités. En raison de l'augmentation prévue de la demande de fuel oil et des buts à atteindre, en ce qui concerne la teneur en soufre, et sous réserve des disponibilités en brut à basse teneur à l'époque, les besoins en capacité de désulfuration s'accroîtront considérablement d'ici 1980. La consommation de fuel résiduel, de 1968, était de 69 x 10^6 tonnes; il est prévu qu'elle sera de 272 x 10^6 tonnes en 1980. Par comparaison avec le cas de l'Europe OCDE, si l'on voulait maintenir au Japon les émissions de SO_2 de 1968, en 1980, il serait nécessaire de construire environ 10 unités de désulfuration par an, d'une capacité de 50.000 barrels par jour de fonctionnement (2,5 x 10^6 tonnes/an), sur une période de 6 ou 7 ans. On réduirait de la sorte la teneur en soufre du fuel

* Une installation de 31.500 barrels/jour de fonctionnement de capacité est équivalente à environ 1,6 × 10^6 tonnes/an. On admet qu'elle travaille à peu près à 80 % de sa capacité.

De toestand in Noord-Amerika is gelijkaardig : daar wordt de behoefte aan ontzwavelde residuele stookoliën in 1980 op 1200 miljoen barrels (ongeveer 170.10^6 ton) geraamd. Dit brengt mee dat 150 installaties moeten opgericht worden waar een behandeling met waterstof wordt uitgevoerd, die een kapaciteit van 31.500 barrels per werkingsdag* hebben en die in de voornaamste raffinaderijen dienen geïntegreerd bijvoorbeeld in die van 100.000 barrels (5.10^6 ton/jaar) of meer per werkingsdag. Of het procédé ekonomisch haalbaar is, hangt samen met het bestaan van raffinaderijen die groot genoeg zijn om er een dergelijke installatie voor behandeling met waterstof in te integreren. In 1971 telden de Verenigde Staten slechts 36 dergelijke raffinaderijen. Om aan de behoeften van 1980 te kunnen voldoen, is een zeer versneld bouwprogramma noodzakelijk, tenminste indien dit doel, vertrekkend van de huidige toestand, kan bereikt worden. Gelijkaardige beschouwingen die grote investeringen meebrengen, kunnen ook gemaakt worden voor vaste brandstoffen wanneer de ontginning van zwavelarme steenkool noopt tot het vrij snel openen van een voldoend aantal nieuwe mijnen om aan de vraag te voldoen. Het zuiveren van de rookgassen, wat de zwaveloxydes betreft, zal op grotere schaal gebruikt moeten worden en de problemen van het storten van afval moeten een bevredigende oplossing krijgen.

In Japan wordt op dit ogenblik een ontzwavelingsprogramma uitgevoerd. In 1968 bedroeg het zwavelgehalte van de stookolie 2,5 % en het doel voor 1980 is 1,2 %. Eenheden voor direkte en indirekte ontzwaveling zijn reeds in bedrijf. Omstreeks 1973 zou de ontzwavelingskapaciteit 800.000 barrels (ongeveer 40.10^6 ton/jaar) per werkingsdag moeten bedragen, verdeeld over 25 eenheden. Gezien de voorziene stijging van de vraag naar stookolie en de gestelde doeleinden wat het zwavelgehalte betreft, en onder voorbehoud van de beschikbaarheid van zwavelarme ruwe olie in 1980, zullen de behoeften aan ontzwavelingskapaciteit van nu tot 1980 aanzienlijk stijgen. In 1968 bedroeg het verbruik van residuele stookolie 69.10^6 ton; voor 1980 wordt het verbruik op 272.10^6 ton geraamd. Indien men dit vergelijkt met OESO-Europa en men de SO_2-emissies in Japan in 1980 op het peil van 1968 zou willen houden, dan zouden over een periode van 6 tot 7 jaar jaarlijks ongeveer 10 ontzwavelingseenheden met een kapaciteit van 50.000 barrels per werkingsdag (2,5.10^6 ton/jaar) moeten gebouwd worden. Zo zou het zwavelgehalte van

* Een installatie met een kapaciteit van 31.500 barrels per werkingsdag geeft ongeveer 1,6 × 10^6 ton/jaar. Men neemt aan dat ze aan ongeveer 80 % van haar kapaciteit werkt.

de 2,5 à 0,7 % ce qui va au-delà des objectifs fixés par les autorités Japonaises et ne tient pas compte des disponibilités supplémentaires en bruts à basse teneur en soufre.

stookolie van 2,5 % op 0,7 gebracht worden, wat verder gaat dan de doelstellingen van de Japanse overheid en wat geen rekening houdt met de bijkomende beschikbaarheid van zwavelarme ruwe aardolie.

Particules

Les techniques de réduction des émissions de particules existent et sont en application dans la plupart des pays d'une manière plus ou moins stricte. On n'est pas toujours d'accord sur le rendement de la réduction auquel on peut arriver, en appliquant les meilleurs procédés existants. Cette difficulté pourrait être résolue par l'échange des conceptions techniques et des expériences pratiques entre les pays, que ce soit sur une base multilatérale ou par l'intermédiaire du Groupe Sectoriel sur la Gestion de l'Air.

Des améliorations sensibles, en ce qui concerne l'émission des particules, ont été apportées à la situation et pourront l'être dans l'avenir, en appliquant plus généralement les pratiques les meilleures, ainsi qu'en procédant à la substitution de combustibles à d'autres, particulièrement dans le secteur domestique et commercial.

Il est important de ne pas oublier qu'en appliquant plus largement les techniques de réduction des particules, la proportion des particules très fines (moins de 10 microns) dans l'émission, augmentera par rapport à celle des plus grosses. Du fait du manque de données sur les effets qu'elles peuvent avoir sur la santé, la visibilité, les conditions météorologiques et les divers phénomènes physico-chimiques de l'atmosphère, un certain nombre de questions se trouvent soulevées, qui ne relèvent pas de la compétence de ce Groupe.

Oxydes d'azote

Les perspectives actuelles, en ce qui concerne la réduction des oxydes d'azote, dépendent de la mise au point et de l'application de techniques de combustion améliorée. Il semble prouvé que ces techniques existent maintenant et peuvent être employées, pour les combustibles gazeux et liquides. De plus, les techniques de lutte contre les oxydes d'azote font l'objet de quelques applications actuellement très limitées.

L'augmentation importante prévue en ce qui concerne les émissions d'oxydes d'azote, provenant de la combustion dans les installations fixes et le manque de techniques de réduction de celles-ci à l'échelle industrielle et généralement appliquées, amènent à constater que les autorités nationales doivent, d'urgence, examiner ce problème de la pollution atmosphérique causée par les oxydes d'azote dans leurs pays. L'absence de

Deeltjes

De technieken voor de beperking van de deeltjesemissies bestaan en worden in de meeste landen min of meer streng toegepast. Men is het nog niet eens over het rendement van de vermindering die men kan bereiken door gebruik te maken van de beste bestaande procédés. Deze moeilijkheid zou kunnen opgelost worden door onderlinge uitwisseling van de technische koncepten en van de praktische ervaringen tussen de landen, hetzij op een multilaterale basis, hetzij langs de Sektorgroep voor Luchtbeleid.

Wat de deeltjesemissie betreft, werd de toestand gevoelig verbeterd, en dit kan in de toekomst nog verder gaan door de beste werkwijzen meer algemeen te gebruiken, zoals de vervanging van de ene brandstof door de andere, meer bepaald in de huishoudelijke en de kommerciële sektor.

Zeker mag niet vergeten worden dat, als meer en meer wordt gebruik gemaakt van technieken voor beperking van deeltjesemissie, de hoeveelheid zeer kleine deeltjes in de emissies (kleiner dan 10 mikron) in verhouding tot die van de grotere zal stijgen. Wegens het gebrek aan gegevens over de uitwerking die ze kunnen hebben op de gezondheid, de zichtbaarheid, de meteorologische omstandigheden en de verschillende fysico-chemische verschijnselen in de atmosfeer, worden hier een aantal vragen opgeworpen die niet tot de bevoegdheid van deze groep behoren.

Stikstofoxydes

De huidige vooruitzichten wat de beperking van de stikstofoxydeëmissies betreft, hangen af van het uitwerken en de toepassing van verbeterde verbrandingstechnieken. Het lijkt bewezen dat deze technieken nu bestaan en kunnen gebruikt worden voor gasvormige en vloeibare brandstoffen. Daarenboven zijn de technieken voor de bestrijding van stikstofoxydes het voorwerp van enkele toepassingen die op dit ogenblik zeer beperkt zijn.

De belangrijke stijging die voorzien wordt voor de stikstofoxydeëmissies, voortkomende van verbranding in vaste installaties, en het gebrek aan beperkingstechnieken die op industriële schaal en algemeen aangewend worden, leiden tot de vaststelling dat de nationale overheden dringend het probleem van de luchtverontreiniging door stikstofoxydes in hun land moeten onderzoeken. Het gebrek aan voldoende kennis, zowel van de emis-

connaissances suffisantes en ce qui concerne tant les émissions que l'apparition des oxydes d'azote, leurs effets sur la santé, la végétation etc... et leurs rapports étroits avec la formation de smogs et d'oxydants soulève un certain nombre d'importantes questions qui doivent être renvoyées au Groupe Sectoriel sur la gestion de l'Air. En définitive, le domaine de la technique de la réduction des oxydes d'azote demande à être étudié.

5. COUTS* DE LA LUTTE CONTRE LA POLLUTION LES ASPECTS ECONOMIQUES

Les coûts totaux de la mise en œuvre des stratégies de lutte contre la pollution comprennent les coûts directs pour les industries en cause, sous forme d'investissements supplémentaires et de coûts d'exploitation, les coûts pour les consommateurs domestiques et commerciaux sous forme de prix plus élevés et les conséquences économiques des demandes accrues en capital qui résultent. Il faut en retenir cependant que les coûts, pour le producteur et le consommateur, ne s'additionnent pas, car des prix de combustibles plus élevés, pour le consommateur, devraient refléter les coûts pour le producteur, sauf s'ils étaient couverts par une subvention gouvernementale. Des conséquences possibles, dans le domaine social et économique, peuvent résulter des changements de quelques pratiques industrielles que la mise en œuvre étendue de stratégies de lutte contre la pollution imposerait; on n'a pas tenté, dans la présente étude, d'évaluer ces coûts indirects, mais de tels changements se produisent évidemment. Il y a sûrement matière à étude plus complète de l'économie intégrale de la lutte contre la pollution atmosphérique et de la mesure dans laquelle les coûts globaux pourraient être minimisés en harmonisant les stratégies de lutte contre la pollution et les programmes d'investissement entre les pays et les industries en cause. De telles études et les plans nationaux conçus pour la mise en application de ces stratégies, devraient reconnaître que le fait d'atteindre les objectifs fixés par les divers pays dépendra non seulement des développements techniques et de la démonstration pratique de leur applicabilité, mais aussi de l'adoption d'un échelonnement dans le temps et de la solution de nouveaux problèmes d'environnement qui résulteront de ce processus.

Oxydes de soufre

Si les émissions de SO_2 dues à l'utilisation des combustibles solides et liquides, dans les pays de

* Toutes les estimations sont basées sur les coûts de 1970 exprimés en dollars 1970.

sies als van het voorkomen van stikstofoxydes, van hun uitwerking op de gezondheid, op de plantengroei enz..., en van het direkt verband met de vorming van smogs en oxydantia, stelt een aantal belangrijke vragen die naar de Sektorgroep voor Luchtbeleid moeten teruggezonden worden. Tenslotte moet ook in het domein van de technieken voor de vermindering van stikstofoxyde onderzoek gebeuren.

5. KOSTEN* VAN DE BESTRIJDING VAN LUCHTVERONTREINIGING DE EKONOMISCHE ASPEKTEN

De totale kosten van de aanwending van de strategieën voor de bestrijding van de verontreiniging omvatten de direkte kosten voor de betreffende nijverheid in de vorm van bijkomende investeringen en werkingskosten, de kosten voor de huishoudelijke en kommerciële verbruikers in de vorm van hogere prijzen en de ekonomische gevolgen van de stijgende vraag naar kapitaal die eruit voortkomt. Men dient echter in het oog te houden dat de kosten voor de fabrikant en voor de verbruiker niet opgeteld worden, vermits de hogere brandstofprijzen voor de verbruiker, de kosten voor de fabrikant zouden moeten weergegeven, behalve wanneer ze gedekt worden door een overheidstoelage. Op sociaal en ekonomisch vlak kunnen mogelijke gevolgen voortvloeien uit de verandering van enkele industriële werkwijzen die zou opgelegd worden door de verregaande aanwending van strategieën voor de bestrijding van luchtverontreiniging; in deze studie werd niet getracht deze indirekte kosten te evalueren maar zulke wijzigingen komen uiteraard voor. Er is zeker stof voor een vollediger studie van de hele ekonomie van de bestrijding van de luchtverontreiniging en van de mate waarin de globale kosten geminimaliseerd zouden kunnen worden door de strategieën voor de bestrijding van de verontreiniging en de investeringsprogramma's tussen de landen en de betreffende industrieën onderling te harmoniseren. Dergelijke studies en de nationale plannen die werden opgevat om deze strategieën toe te passen, zouden moeten erkennen dat het bereiken van de doelstellingen die verschillende landen zich hebben gesteld, niet alleen afhangt van de technische ontwikkelingen en het praktische bewijs van hun toepassingsmogelijkheden, maar ook van het aannemen van een timing en van de oplossing van nieuwe milieuproblemen die uit deze gang van zaken zullen voortvloeien.

Zwaveloxydes

Indien in 1980 de SO_2-emissies, te wijten aan het gebruik van vaste en vloeibare brandstoffen,

* Alle ramingen zijn gebaseerd op de kosten in 1970, uitgedrukt in dollars van 1970.

l'OCDE, doivent être maintenues à leur niveau actuel, en 1980, les coûts d'exploitation annuels moyens, qui en résulteront peuvent être estimés à $ 2200 à $ 4200 millions et les investissements entre $ 5800 à $ 15.600 millions. Ceci est équivalent à une augmentation de prix de 2,5 à 5 pour-cent pour une tonne équivalent pétrole. Les investissements en capitaux représentent quelque 0,5 pour-cent de formation intérieure, toute de capital fixe en Europe et en Amérique du Nord. La très large fourchette représentée par ces chiffres illustre les incertitudes déjà mentionnées relatives à l'estimation des dépenses en capital et aux coûts d'exploitation de chaque procédé de désulfuration. De plus, elle fait ressortir le fait que sont impliquées trois approches technologiques de luttes très distinctes, bien qu'interchangeables dans une certaine mesure, la désulfuration des combustibles liquides en particulier en Europe et au Japon, le lavage du charbon en particulier aux Etats-Unis et en Allemagne, et l'épuration des fumées en particulier aux Etats-Unis, au Japon et en Allemagne. Par exemple, les coûts impliqués par la désulfuration de tous les fuels résiduels à 1 pour-cent et de tous les distillats à 0,1 pour-cent dans tous les pays de l'OCDE entraînerait une augmentation de 10 à 20 pour-cent des investissements totaux de l'industrie de raffinage de pétrole.

Le coût de la désulfuration des combustibles liquides, en admettant un fuel résiduel de 4 % de teneur en soufre initiale, désulfuré en vue de donner un produit à 1 % de soufre, peut être estimé à 30 cents des Etats-Unis par barrel ($ 2,10/t de fuel résiduel pour chaque 1 % de réduction du fuel*). Le coût supposé, pour une tonne de fuel résiduel c.i.f. Rotterdam pourrait être de $ 20 à 25 en 1980. Comme il a été indiqué ci-dessus, afin de ne pas excéder l'émission de SO_2 de 1968, en 1980, il conviendrait de construire en moyenne, 14 unités de désulfuration par an entre 1974 et 1980, si la teneur en soufre moyenne du fuel résiduel, en 1980, est de l'ordre de 2,3 % en poids, comme on l'a admis dans le rapport de synthèse. En raison des investissements et des efforts qui seraient nécessaires, on peut douter qu'un tel programme soit réaliste. Cependant, si l'on ne tient pas pleinement compte des disponibilités supplémentaires éventuelles en brut à basse teneur et si la teneur moyenne en soufre du fuel résiduel (sans traitement) était de 1,5 % en poids, en 1980, les coûts de la désulfuration pour l'Europe seraient de 55 % inférieurs, du fait que 7 unités de désulfuration par an seulement seraient nécessaires. Les paragraphes ci-dessus examinent quelle serait la situation correspon-

* Certaines délégations considèrent que cette situation est faible et la situeraient à $ 2,35 à 2,40 par t.

op hun huidig peil moeten gehouden worden in de landen van de OESO, dan kunnen de daaruit voortvloeiende gemiddelde, jaarlijkse werkingskosten op 2200 tot 4200 miljoen dollar geraamd worden en de investeringen op 5800 tot 15.600 miljoen dollar. Dit is ekwivalent met een prijsverhoging van 2,5 tot 5 percent voor een tonekwivalent petroleum. De kapitaalsinvesteringen stellen zowat 0,5 percent van inwendige vorming voor, allemaal van vast kapitaal in Europa en Noord-Amerika. De zeer wijde grenzen voor deze cijfers tonen duidelijk de reeds vermelde onzekerheid aan die bestaat nopens de raming van de kapitaalsuitgaven en de werkingskosten voor elk ontzwavelingprocédé. Daarenboven brengen ze het feit naar voor dat er drie zeer verschillende technologische benaderingen van de bestrijding bij betrokken zijn, die wel in zekere mate door mekaar kunnen lopen : de ontzwaveling van vloeibare brandstoffen, zoals in Europa en Japan, het wassen van steenkool, zoals in de Verenigde Staten en Duitsland, en de zuivering van de rookgassen, zoals in de Verenigde Staten, in Japan en in Duitsland. Zo bijvoorbeeld zouden de kosten van de ontzwaveling van alle residuele stookoliën tot 1 % en van alle destillaten tot 0,1 % in alle landen van de OESO een verhoging van 10 tot 20 % van de totale investeringen in de petroleumraffinaderijen meebrengen.

De kostprijs van de ontzwaveling van de vloeibare brandstoffen, wanneer we een residuele stookolie nemen met aanvankelijk 4 % zwavel, ontzwaveld tot een produkt met 1 % zwavel, kan geraamd worden op 30 V.S.-cents per barrel (2,10 dollar per ton residuele stookolie en per percent vermindering*). In 1980 zou de kostprijs voor een ton residuele stookolie, Rotterdam-kwotering, 20 tot 25 dollar kunnen bedragen. Zoals hoger vermeld zou men gemiddeld 14 ontzwavelingseenheden per jaar moeten bouwen tussen 1974 en 1980, om de SO_2-emissie van 1968 in 1980 niet te overschrijden, en op voorwaarde dat het gemiddelde zwavelgehalte van de residuele stookolie in 1980 ongeveer 2,3 gewichtsprocenten bedraagt, zoals men heeft aangenomen in het synteseverslag. Gezien de noodzakelijke investeringen en inspanningen mag betwijfeld worden of een dergelijk programma wel realistisch is. Indien men nochtans niet volledig rekening houdt met de eventuele bijkomende beschikbaarheid van zwavelarme ruwe olie, en indien in 1980 het gemiddelde zwavelgehalte van de residuele stookolie (zonder behandeling) 1,5 gewichtprocent zou bedragen, dan zouden de kosten voor ontzwaveling in Europa 55 % lager liggen vermits dan jaarlijks slechts 7 eenheden zouden moeten

* Sommige afvaardigingen beschouwen deze raming als klein en zouden eerder 2,35 tot 2,40 dollar per ton nemen.

dante, pour les Etats-Unis et le Japon respectivement.

Les coûts de la désulfuration du charbon sont disponibles pour deux pays seulement, l'Allemagne et les Etats-Unis. Du fait qu'il est possible de retirer seulement une partie (normalement moins de la moitié) du contenu en soufre du charbon, et que ce taux d'enlèvement dépend du type de charbon, il est difficile de fournir des coûts comparatifs. En Allemagne, les coûts d'enlèvement du soufre dans le charbon ont été estimés à $ 150 par tonne de soufre retiré et à environ $ 1 par tonne de charbon. Ceci signifie une augmentation du coût de l'électricité de 0,09 cent par kWh pour un taux de réduction de 33 % portant sur un charbon à 1,5 % de soufre (c'est-à-dire une désulfuration jusqu'à 1 % de soufre). Le coût de la désulfuration du charbon, aux Etats-Unis, peut être estimé à 75 cents, par tonne courte de charbon dont le coût de production peut être estimé à $ 4,50 en 1980. Cependant, en raison de la teneur moyenne en soufre élevée du charbon aux Etats-Unis, la seule désulfuration du fuel ne suffira pas à réduire les émissions de SO_2 aux Etats-Unis au niveau de 1968 et les Etats-Unis admettent que l'emploi intensif de l'épuration des fumées des centrales sera nécessaire.

Comme on ne dispose pas d'une expérience étendue des procédés de désulfuration des fumées, on n'a pas jugé possible d'estimer les coûts de ce moyen de réduction de la pollution. Il serait possible de procéder à une telle estimation vers 1975; à ce moment, les divers pays auront une réelle expérience de ces procédés. Quelques-uns d'entre eux produisent des déchets dont il faut disposer, d'autres produisent des composés récupérables du soufre. En estimant le coût global de la réduction de la pollution, en retenant les procédés ne permettant pas la récupération des déchets, on doit prendre soin d'ajouter à ce coût celui que représente la nécessité de disposer des déchets. En outre, quand ces procédés produiront un sous-produit utilisable, il pourra bien se faire que les quantités en question soient si importantes qu'elles pèsent sur les prix du marché du soufre, qui se trouve déjà en excédent, sur les marchés mondiaux. En conséquence, on considère qu'il ne serait pas réaliste d'attribuer un important crédit aux ventes du soufre sous-produit; en fait, dans quelque cas, il pourrait constituer une charge pour le procédé. Des considérations semblables s'appliquent aussi au soufre sous-produit de la désulfuration des combustibles liquides.

gebouwd worden. Vroegere paragrafen onderzoeken de overeenkomende toestand voor de Verenigde Staten en Japan.

De kosten van de ontzwaveling van steenkool zijn slechts voor twee landen beschikbaar : Duitsland en de Verenigde Staten. Doordat slechts een deel van de zwavel die in de steenkool zit, kan verwijderd worden (normaal minder dan de helft), en dat dit niveau afhankelijk is van de steenkoolsoort, is het moeilijk vergelijkbare gegevens te verstrekken. In Duitsland werden de kosten van de verwijdering van zwavel uit steenkool geraamd op 150 dollar per ton uitgehaalde zwavel en op ongeveer 1 dollar per ton steenkool. Dit betekent een verhoging van de prijs van de elektriciteit met 0,09 cent per kWh voor het verwijderen van 33 % van de zwavel uit een steenkool met 1,5 % zwavel (d.w.z. een ontzwaveling tot 1 % zwavel). De kostprijs van de ontzwaveling in de Verenigde Staten kan geraamd worden op 75 cents per short ton steenkool waarvan de produktiekosten in 1980 op 4,50 dollar kunnen geschat worden. Gezien echter het hoge gemiddelde zwavelgehalte van de steenkolen in de Verenigde Staten, zal de ontzwaveling van de stookoliën alleen niet volstaan om er de SO_2-emissies op het peil van 1968 te brengen en de Verenigde Staten nemen aan dat een intensief gebruik van rookgaszuivering nodig zal zijn.

Vermits men met de procédés voor rookgasontzwaveling geen grote ervaring heeft opgedaan, heeft men het niet mogelijk geoordeeld om een kostenraming te doen voor dit middel voor de beperking van de verontreiniging. Omstreeks 1975 zou een dergelijke raming kunnen gemaakt worden; op dat ogenblik zullen de verschillende landen over een werkelijke ervaring met deze procédés beschikken. Enkele onder hen leveren afvalstoffen die men moet kwijt geraken, andere leveren rekupereerbare zwavelige bestanddelen. Wanneer men de globale prijs van de beperking van de verontreiniging schat, voor procédés die de rekuperatie van de afvalstoffen niet mogelijk maken, dan moet men ervoor zorgen bij deze prijs, de prijs te voegen die voortkomt uit de noodzaak om van de afvalstoffen af te geraken. Indien deze procédés een bruikbaar bijprodukt leveren, dan is het ook mogelijk dat de hoeveelheden ervan zo belangrijk zijn, dat ze gaan wegen op de marktprijzen van de zwavel, waarvan er op de wereldmarkt reeds teveel is. Men neemt bijgevolg aan dat het niet realistisch zou zijn een belangrijk krediet toe te kennen aan de verkoop van de zwavel-bijprodukten; in sommige gevallen kan hij een last zijn voor het procédé. Gelijkaardige beschouwingen zijn ook van toepassing op de zwavel-bijprodukten van de ontzwaveling van vloeibare brandstoffen.

Particules

Comme seuls le Japon, la Norvège et les Etats-Unis, dans leurs rapports nationaux, ont fourni des données relatives aux coûts de la réduction des particules, cet aspect n'a pas fait l'objet d'un examen dans le rapport de synthèse. D'après les informations disponibles, qui sont limitées, les coûts d'exploitation sont estimés à entre $ 0,90 et $ 1,30 par tonne d'équivalent pétrole, les dépenses en capital allant de $ 2,00 à $ 6,60 par tonne d'équivalent pétrole.

Oxydes d'azote

Une première évaluation des coûts encourus pour maintenir pour la zone OCDE, en 1980, les niveaux d'émission des oxydes d'azote de 1968, est $ 1000 millions par an de coûts d'exploitation et $ 4800 millions de dépenses de capital. Ces évaluations sont fondées sur des informations figurant dans le rapport des Etats-Unis et supposent la mise au point et l'application des techniques de lutte contre la pollution en ce qui concerne ces oxydes. Ces estimations présentent une incertitude d'au moins ± 60 pour-cent.

6. CONSEQUENCES DES DIVERSES POLITIQUES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION

Dispersion ou réduction des émissions

Il y a certaines différences d'opinion, entre les divers pays Membres, sur ce qui constitue la lutte contre la pollution : maintien de certaines concentrations acceptables, au niveau du sol, ou réduction des émissions. Les hautes cheminées sont considérées par certains comme la seule méthode dont il soit démontré qu'elle réduit les concentrations des oxydes de soufre au niveau du sol, provenant de sources d'émission importantes, gardant de plus à l'esprit que les petites sources d'émission comme les installations de chauffage domestique et les petites installations industrielles contribuent d'une façon significative aux concentrations au niveau du sol, mais qu'il n'est pas possible de leur aménager des hautes cheminées. L'emploi de ces hautes cheminées a pour résultat la dispersion des oxydes de soufre dans l'atmosphère, où ils sont emportés selon un processus mal connu jusqu'à présent. Une politique des hautes cheminées est appliquée, à l'heure actuelle, au Royaume-Uni, où l'on estime par ailleurs que l'épuration des fumées peut être valable si elle peut effectivement se faire à un coût assez bas et donner le résultat souhaitable au niveau du sol. Les Etats-Unis et l'Allemagne, par contre, estiment que la situation actuelle n'est pas assez clairement définie pour montrer de façon con-

Deeltjes

Vermits alleen Japan, Noorwegen en de Verenigde Staten in hun nationale verslagen gegevens hebben verstrekt over de kosten van de vermindering van deeltjesemissie, heeft dit aspekt in het synteseverslag niet het voorwerp uitgemaakt van een onderzoek. Volgens de beschikbare, maar zeer beperkte informatie worden de werkingskosten geraamd op 0,90 tot 1,30 dollar per tonekwivalent petroleum, terwijl de kapitaalsuitgaven gaan van 2,00 tot 6,60 dollar per tonekwivalent petroleum.

Stikstofoxydes

Een eerste evaluatie van de kosten die meegebracht worden door het op peil van 1968 houden van de stikstofoxydeëmissies in de OESO-landen, geeft 1000 miljoen dollar per jaar werkingskosten en 4.800 miljoen dollar kapitaalsuitgaven. Deze evaluaties stoelen op gegevens in het verslag van de Verenigde Staten en veronderstellen het uitwerken en het toepassen van de bestrijdingstechnieken voor deze oxydes. Deze ramingen hebben een onzekerheid van ten minste 60 %.

6. GEVOLGEN VAN DE VERSCHILLENDE POLITIEKEN VOOR VERONTREINIGINGSBESTRIJDING

Verspreiding of vermindering van de emissies

Tussen de verschillende lidstaten bestaan er enkele meningsverschillen over wat de bestrijding van de verontreiniging behelst : behoud van bepaalde aanneembare grondkoncentraties of vermindering van de emissies. Door sommigen worden hoge schoorstenen beschouwd als de enige metode waarvan het bewezen is dat ze zwaveloxydekoncentraties bij de grond, die voortkomen van belangrijke emissiebronnen, vermindert, waarbij men eraan denkt dat de kleine emissiebronnen zoals de installaties voor huishoudelijke verwarming en de kleine industriële installaties merkbaar bijdragen tot de grondkoncentraties, maar dat het niet mogelijk is om er hoge schoorstenen voor op te trekken. Het gebruik van deze hoge schoorstenen heeft tot gevolg dat de zwaveloxydes worden verspreid in de atmosfeer waar ze meegevoerd worden volgens een nu nog slecht gekend proces. Op dit ogenblik wordt in het Verenigd Koninkrijk een politiek van hoge schoorstenen toegepast en men is er tevens van oordeel dat de zuivering van de rookgassen waardevol kan zijn indien ze werkelijk kan uitgevoerd worden tegen een vrij lage prijs en indien ze de gewenste resultaten bij de grond kan geven. In de Verenigde Staten en in Duitsland is men daarentegen van mening dat de huidige situatie

cluante que la réduction des concentrations au niveau du sol par dispersion à partir de hautes cheminées constitue une solution acceptable, par rapport à la réduction des émissions. Pour que la désulfuration des fumées devienne acceptable pour tous les pays, il reste cependant à prouver par l'expérience qu'on peut effectivement la réaliser, à un coût acceptable, et qu'elle assurera un moyen efficace de lutte contre les concentrations au niveau du sol.

Il est nécessaire d'entreprendre des études plus approfondies des effets globaux sur l'environnement de la projection de grandes quantités d'oxydes de soufre et d'azote et de particules, à partir de certains points d'où ces substances sont dispersées par de hautes cheminées ou autrement. Ces effets doivent être étudiés dans le contexte de l'environnement, tant rural qu'urbain, et sur le plan local, régional ou d'ensemble, compte tenu de la gamme voulue des conditions météorologiques. Les effets qui doivent être étudiés en particulier sont ceux sur la santé humaine, la vie des plantes et des animaux, les sols et les matériaux de structure et les autres, et les études faites doivent porter spécialement sur les transformations chimiques des polluants au sein de l'atmosphère et leur enlèvement par précipitation, le sol, la végétation, etc.

Le problème du transport à longue distance de la pollution atmosphérique est particulièrement important en liaison avec le fait que soit ou non acceptable la dispersion des fumées, par le moyen de hautes cheminées et a d'importantes conséquences pour certains pays Membres de l'OCDE. Dans ce contexte, un projet d'examen des méthodes de mesure a été entrepris dans le cadre de l'OCDE pour clarifier cette question et fournir aux autorités les informations de base nécessaires pour décider du degré de transfert de la pollution par-delà les frontières et les actions éventuellement à entreprendre, nécessaires pour ramener cette pollution à des niveaux qui ne soient pas incompatibles avec les conditions locales.

Problèmes du moyen de disposer des déchets

Avant d'adopter, sur une grande échelle, les stratégies de lutte contre la pollution, il conviendrait d'évaluer leur incidence globale sur l'environnement. Ceci s'applique spécialement tant aux nouvelles techniques en général qu'à celles de désulfuration et enlèvement des particules qui produisent de grandes quantités de déchets non-utilisables. Il faut prendre soin d'éviter que ces déchets n'entraînent d'effets indésirables sur l'en-

niet duidelijk genoeg omschreven is om te kunnen besluiten dat de beperking van de grondkoncentraties door middel van verspreiding door hoge schoorstenen een aanvaardbare oplossing is in vergelijking met de beperking van de emissies. Om de rookgasontzwaveling voor alle landen aanvaardbaar te maken, moet nog altijd door de ervaring bewezen worden dat ze werkelijk uitvoerbaar is tegen een aannemelijke kostprijs en dat ze een efficiënt middel is in de bestrijding van de grondkoncentraties.

De globale weerslag van de lozing van grote hoeveelheden zwaveloxydes, stikstofoxydes en deeltjes in bepaalde punten, waar deze stoffen langs hoge schoorstenen of op een andere manier verspreid worden, op het leefmilieu moet grondig onderzocht worden. Deze effekten moeten bestudeerd worden in de kontekst van het milieu, zowel landelijk als stedelijk, en op plaatselijk, gewestelijk of algemeen vlak, rekening houdende met het gewenste gamma van meteorologische omstandigheden. In het bijzonder moet de invloed op de gezondheid van de mens, op het leven van planten en dieren, op de grond, op de bouw en andere materialen bestudeerd worden en de opzoekingen moeten speciaal betrekking hebben op de chemische transformaties van de verontreinigende stoffen in de atmosfeer, en op hun verwijdering eruit door precipitatie, langs de grond, de plantengroei, enz...

Het probleem van het transport over lange afstand van de luchtverontreiniging is alleszins belangrijk in verband met het al dan niet aanvaardbaar zijn van rookgasverspreiding langs hoge schoorstenen, en het heeft belangrijke gevolgen voor bepaalde OESO-lidstaten. In deze kontekst werd in het kader van de OESO een projekt voor bestudering van de meetmetodes ondernomen, om in deze vraag klaarheid te brengen en om aan de overheden de nodige basisinformaties te verschaffen om te kunnen beslissen over de graad van transport van verontreiniging over de grenzen heen en over de akties die eventueel moeten ondernomen worden en die nodig zijn om deze verontreiniging terug te brengen tot een peil dat verenigbaar is met de plaatselijke omstandigheden.

Het probleem van het middel om van de afval af te geraken

Voor de strategieën voor de bestrijding van de verontreiniging op grote schaal aangenomen worden, zou eerst de globale weerslag ervan op het leefmilieu dienen geëvalueerd te worden. Dit geldt meer bepaald voor de nieuwe technieken in het algemeen als voor de ontzwaveling en de deeltjesafscheiding die grote hoeveelheden onbruikbare afvalprodukten leveren. Er moet

vironnement. Il peut y avoir peu d'avantages du point de vue de l'environnement à échanger une faible amélioration de la pollution atmosphérique contre un problème considérable de disposition des déchets. Jusqu'à présent, il n'a été trouvé aucune solution satisfaisante, sur une grande échelle, à long terme au problème de la manipulation de grandes quantités de déchets résultant de l'application de procédés de réduction de la pollution sans régénération.

voor gezorgd worden dat deze afvalprodukten ongewenste effekten op het leefmilieu zouden meebrengen. Vanuit milieustandpunt kan er weinig voordeel bij zijn, een kleine verbetering van de luchtverontreiniging te vervangen door een vrij groot afvalprobleem. Op dit ogenblik is voor het probleem van de behandeling van grote hoeveelheden afvalprodukten die voortkomen van de toepassing van procédés voor de vermindering van de luchtverontreiniging zonder regeneratie, nog geen bevredigende oplossing gevonden die op grote schaal en op lange termijn kan toegepast worden.

A l'égard de la gestion des combustibles

Il est très désirable de viser à l'emploi préférentiel des combustibles propres disponibles, dans chaque pays, dans ceux des secteurs de consommation où il n'est pas pratique d'utiliser d'autres moyens de prévention de la pollution. Ces secteurs comprennent les usages domestiques et commerciaux et aussi quelques branches d'industrie, dans lesquels un grand nombre de petits consommateurs émettent des fumées près du niveau du sol. La réduction des émissions dans ces cas-là ne peut être réalisée que par l'emploi de combustibles propres et non polluants et de bonnes méthodes de régulation de la combustion. Les pays Membres, pour la plupart, sont en faveur de l'encouragement de l'emploi du gaz naturel et des distillats, dans ces secteurs, mais la consommation de combustibles de ces secteurs est importante et pose des problèmes de disponibilité de ces combustibles dans la plupart des pays. La solution de ce problème implique la nécessité d'investissements considérables dans les services de distribution, en particulier pour le gaz naturel. Dans certains pays, il semble qu'il y ait conflit entre la politique de l'environnement et les préférences des fournisseurs du gaz naturel, compte tenu des niveaux existants des prix relatifs des combustibles, en ce qui concerne la fourniture d'un nombre relativement restreint de gros consommateurs plutôt qu'aux petits usagers domestiques. Sur le plan de l'efficacité économique, il est avantageux pour les fournisseurs de gaz d'avoir un petit nombre de gros consommateurs réguliers plutôt que, ou au moins autant, qu'un grand nombre de petits consommateurs intermittents, si l'on tient compte des nécessités d'investissements disproportionnés inhérents à la modulation. Dans quelques autres pays, cependant, il semble que donner la préférence aux petits consommateurs à des prix plus élevés, soit une solution efficace pour éviter de tels conflits.

La pratique qui consiste à brûler de grandes quantités de combustibles peu polluants, dont les réserves sont insuffisantes pour une forte demande, peut être mise en cause. Par exemple,

Met het oog op het brandstoffenbeleid

Het is zeer wenselijk in elk land de beschikbare zuivere brandstoffen bij voorkeur te gebruiken in die verbruikssektoren waar het niet praktisch is andere middelen voor het voorkomen van luchtverontreiniging aan te wenden. Deze sektoren omvatten het huishoudelijke en kommerciële verbruik en tevens enkele industrietakken waar een groot aantal verbruikers dicht bij de grond lozen. De vermindering van de emissies kan in die gevallen alleen gebeuren door zuivere en niet-verontreinigende brandstoffen en goede metodes voor de regeling van de verbranding te gebruiken. De meeste lidstaten zijn voor het aanmoedigen van het gebruik van aardgas en distillaten in deze sektoren, maar het brandstofverbruik ligt er hoog en stelt in de meeste landen problemen i.v.m. de beschikbaarheid van deze brandstoffen. De oplossing van dit probleem noopt tot vrij grote investeringen in de distributiediensten, meer bepaald voor aardgas. In bepaalde landen schijnt er een konflikt te bestaan tussen het milieubeheer en de voorkeur van de aardgasleveranciers, rekening houdende met de bestaande niveaus van de relatieve brandstofprijzen, wat de levering betreft aan een relatief klein aantal grote verbruikers liever dan aan de kleine huishoudelijke verbruikers. Op het vlak van de ekonomische efficiëntie hebben de gasleveranciers er voordeel bij een klein aantal grote regelmatige verbruikers te hebben, eerder dan ten minste evenveel of een groot aantal kleine onregelmatige verbruikers, indien men rekening houdt met de nodige investeringen die niet naar verhouding zijn en die inherent zijn aan de modulatie. In andere landen lijkt het nochtans dat het geven van de voorkeur aan kleine verbruikers, aan hogere prijzen, een efficiënte oplossing is om dergelijke konflikten te vermijden.

Achter de handelswijze die bestaat in het verbranden van grote hoeveelheden weinig verontreinigende brandstoffen waarvan de reserves onvoldoende zijn voor een grote vraag, kan een vraag-

l'emploi du gaz naturel, pour produire de l'électricité, ensuite transportée et reconvertie en chaleur chez l'usager a pour résultat une perte de 70 % du total, tandis que l'emploi direct du gaz n'aboutit qu'à une perte de 25 %. Cette pratique doit être examinée de plus près dans le cadre d'une politique énergétique d'ensemble.

Les ressources limitées en combustibles propres aussi bien que les considérations le sécurité d'approvisionnement et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles font de la gestion des combustibles un aspect important des politiques de lutte contre la pollution. Idéalement, ceci postule une forme de répartition des combustibles propres, sur le plan local, national et international. Au niveau local et national, on peut encourager l'emploi des différents types de combustibles dans les divers secteurs, par le mécanisme des prix, la politique fiscale, les normes et les réglementations. Sur le plan international, la situation est plus délicate. Chaque pays insistera sans doute pour avoir une large gamme d'options en ce qui concerne l'accès aux combustibles propres, en vue de la mise en service de sa politique de lutte contre la pollution. Mais il semble douteux qu'une distribution satisfaisante des disponibilités mondiales limitées en combustibles propres puisse se faire sans quelque mesure d'agrément à l'échelon international.

En ce qui concerne la politique énergétique

Dans le contexte actuel d'une demande d'énergie croissante et de la situation de l'approvisionnement en énergie, on ne saurait conclure autrement : la réduction de la pollution atmosphérique, née de l'emploi des combustibles, sera nécessaire pour éviter la détérioration de l'environnement. La politique énergétique peut aussi contribuer à la réduction de la pollution atmosphérique d'un certain nombre de façons. En outre, en ce qui concerne la substitution de certains combustibles à d'autres, par exemple du gaz naturel et des distillats à basse teneur en soufre au charbon et au fuel résiduel, les politiques suivantes peuvent également être adoptées ensemble ou isolément :

(i) encourager les emplois les plus efficaces et les plus rationnels de l'énergie;

(ii) promouvoir le remplacement de la production d'électricité des centrales classiques aux combustibles fossiles par l'énergie nucléaire et, quand c'est possible, les centrales hydroélectriques.

teken geplaatst worden. Het gebruik van aardgas bijvoorbeeld voor de produktie van elektriciteit, die dan vervoerd en bij de verbruiker in warmte omgezet wordt, heeft een verlies van 70 % van het totaal tot gevolg, terwijl het direkte gebruik van aardgas slechts een verlies van 25 % geeft. Deze handelswijze moet van nabij onderzocht worden in het kader van een algemene energiepolitiek.

De beperkte voorraden aan zuivere brandstoffen alsook de beschouwingen over de zekerheid van bevoorrading en het rationeel gebruik van de natuurlijke rijkdommen, maken van het brandstoffenbeleid een belangrijk aspekt van de politieken voor de bestrijding van de luchtverontreiniging. In het ideale geval vergt dit een vorm van verdeling van de zuivere brandstoffen op plaatselijk, nationaal en internationaal vlak. Op plaatselijk en nationaal vlak kan het gebruik van de verschillende brandstofsoorten in de verschillende sektoren aangemoedigd worden door een prijzenmechanisme, het fiskale beleid, de normen en de reglementeringen. Op internationaal vlak is de toestand delikater. Elk land zal zonder twijfel er op aandringen om over een brede waaier van opties te kunnen beschikken wat de toegang tot zuivere brandstoffen betreft, met het oog op de toepassing van zijn politiek voor de bestrijding van de luchtverontreiniging. Het lijkt echter twijfelachtig dat men tot een bevredigende verdeling van de beperkte beschikbaarheden van zuivere brandstoffen in de wereld kan komen, zonder enige vorm van overeenkomst op internationale schaal.

Wat het energiebeleid betreft

In de huidige kontekst van een groeiende vraag naar energie en van de toestand van de energiebevoorrading, is maar één besluit mogelijk : de vermindering van de luchtverontreiniging, te wijten aan het gebruik van brandstoffen, zal noodzakelijk zijn om de vernietiging van het leefmilieu te vermijden. Het energiebeleid kan ook op een aantal wijzen meewerken aan de vermindering van de verontreiniging. Daarenboven kunnen, wat de vervanging van bepaalde brandstoffen door andere betreft, bijvoorbeeld aardgas en zwavelarme destillaten in plaats van steenkool en residuele stookolie, de volgende politieken eveneens, samen of afzonderlijk, aangenomen worden :

(i) het meest efficiënte en meest rationele gebruik van de energie aanmoedigen;

(ii) de vervanging van de elektriciteitsproduktie van de klassieke centrales met fossiele brandstoffen door de kernenergie en, zo mogelijk door hydroëlektrische centrales steunen.

En définissant, sur le plan national et sur le plan international, une combinaison optimum de stratégies, il est important de concilier les priorités de la politique énergétique et celles de l'environnement. Par exemple, la substitution d'un combustible à un autre postule un approvisionnement convenable du combustible de remplacement à des prix acceptables. Si l'on favorise cette substitution, dans certains secteurs, elle aura de l'influence sur les prix et les disponibilités également dans d'autres secteurs, si l'on s'écarte délibérément du charbon et du fuel résiduel, dans le secteur domestique et commercial, ceci exercera une influence sur les fournitures d'énergie à l'industrie et sur le niveau des prix en général. Déjà dans certains pays, l'industrie paie des suppléments de prix élevés pour les combustibles propres afin de se conformer aux règlements sur la pollution atmosphérique.

D'autres méthodes telles que celles qui consistent à promouvoir une utilisation plus efficace de l'énergie peuvent servir à réaliser les objectifs à la fois de la politique énergétique et de la politique de l'environnement. On pourrait arriver à une utilisation plus efficace de l'énergie par exemple en améliorant l'isolation des bâtiments, en employant des fours et des brûleurs d'une meilleure conception et en les entretenant mieux et en favorisant la production combinée de chaleur et d'énergie électrique. Il a été démontré en Suède, par exemple, que la production combinée de chaleur et d'électricité et la distribution de la chaleur aux petits consommateurs domestiques et commerciaux peut constituer un moyen économique de réduction de la pollution atmosphérique concentrée dans les zones à forte densité de population. Il est clair que ceci peut entraîner des investissements supplémentaires, mais qu'au bout de quelques années ces frais seront couverts par des économies sur le coût des combustibles consommés.

L'utilisation de formes d'énergie autres que les combustibles solides peut jouer un rôle considérable dans la couverture à long terme des besoins en énergie, mais demandera une évaluation des effets sur l'environnement, avant qu'elles soient mises en service d'une manière générale. Le recours aux centrales nucléaires, en particulier, pour faire face à la demande toujours croissante d'électricité est mis en avant comme ne devant pas notablement contribuer à la pollution atmosphérique. Cependant, l'effet d'ensemble sur l'environnement des installations nucléaires, compte tenu de leur nombre et de leur capacité, devra être examiné de près. A part les problèmes conjoints de la production de combustible nucléaire

Bij de bepaling op nationaal en op internationaal vlak van een optimale kombinatie van strategieën is het belangrijk de prioriteiten van het energiebeleid en die van het leefmilieu samen te brengen. Zo bijvoorbeeld vergt de vervanging van een brandstof door een andere een behoorlijke bevoorrading van de nieuwe brandstof en dit tegen aanvaardbare prijzen. Indien men in bepaalde sektoren voor deze vervanging is, dan zal die ook een invloed hebben op de prijzen en de beschikbaarheden in andere sektoren. Wanneer men zich met opzet van steenkool en residuele stookolie afkeert in de huishoudelijke en kommerciële sektor, dan zal dat een invloed uitoefenen op de energievoorziening van de industrie en op het prijzenpeil in het algemeen. In sommige landen betaalt de industrie reeds hoge bijkomende prijzen voor de zuivere brandstoffen om aan de reglementen op de luchtverontreiniging te voldoen.

Andere metodes zoals het steunen van een meer efficiënt gebruik van de energie, kunnen gebruikt worden om zowel de doelstellingen van het energiebeleid als die van het milieubeleid te bereiken. Men zou tot een meer efficiënt gebruik van de energie kunnen komen door bijvoorbeeld de isolatie van de gebouwen te verbeteren, door vuurhaarden en branders van een betere konceptie te gebruiken, door ze beter te onderhouden en door de gekombineerde produktie van warmte en elektriciteit te begunstigen. In Zweden werd bijvoorbeeld aangetoond dat de gekombineerde produktie van warmte en elektriciteit en de distributie van warmte aan de kleine huishoudelijke en kommerciële verbruikers een ekonomisch middel kan zijn om de luchtverontreiniging, die gekoncentreerd is in dicht bevolkte zones, te verminderen. Het is duidelijk dat dit bijkomende investeringen kan meebrengen, maar ook dat deze uitgaven na enkele jaren gedelgd zullen zijn door de winsten op de prijzen van de verbruikte brandstoffen.

Het gebruik van andere energievormen dan vaste brandstoffen kan een aanzienlijke rol spelen voor het dekken van de energiebehoeften op lange termijn, maar zal een evaluatie vergen van de effekten op het leefmilieu, voor ze algemeen zullen aangewend worden. Meer in het bijzonder worden de kerncentrales vooropgezet als een middel om aan de steeds stijgende vraag naar elektriciteit te voldoen en dat niet merkelijk bijdraagt tot de luchtverontreiniging. Nochtans zou het totale effekt van kerninstallaties op het leefmilieu van dichtbij moeten onderzocht worden, rekening houdende met hun aantal en met hun kapaciteit. Naast de met elkaar verbonden problemen van de produktie van kernbrandstof en van de radio-

et des déchets radioactifs*, déterminer les limites de tolérance de l'environnement en ce qui concerne la chaleur émise constitue une difficulté.

aktieve afval*, zit er ook een moeilijkheid in het bepalen van de tolerantiegrenzen voor het milieu wat de geëmitteerde warmte betreft.

7. FACTEURS SE RAPPORTANT A LA POLITIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

L'élaboration d'une politique de lutte contre la pollution pour une région donnée sera fondée tant sur l'approvisionnement en combustibles que sur des facteurs locaux, comme la nature des sources de pollution, les conditions géographiques et météorologiques, le degré de développement urbain et industriel. Le problème de la mise au point de politiques appropriées, pour faire face à la situation dans les régions urbanisées et industrialisées nouvelles, peut être différent de celui qui se pose, s'agissant de régions plus anciennement et fortement industrialisées. Dans ce cas, la stratégie sera orientée vers l'amélioration des conditions existantes, tandis que dans l'autre, les stratégies, dès l'origine, s'efforceront à éviter au maximum la pollution.

Une amélioration marquée peut être apportée aux conditions pouvant entraîner une pollution atmosphérique locale, en appliquant avec soin à l'utilisation des terrains des règles de planification conformes aux objectifs en matière d'environnement. Les principales sources d'émission peuvent être localisées dans des zones où les conditions topographiques et météorologiques favorisent la dispersion des polluants. On utilise de plus en plus la technique des modèles, en ce qui concerne la planification de l'utilisation des terrains et les politiques de gestion de l'air.

En examinant les combinaisons de stratégies qui peuvent être conformes aux objectifs qu'on se fixe dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, il est important de se souvenir de la nécessité sous-jacente d'éviter de créer des situations dans lesquelles peuvent se produire des distorsions dans le domaine commercial (par exemple, si l'on propose des solutions dont les incidences économiques sont inégales selon les pays) ou dans lesquelles la sécurité des approvisionnements énergétiques puisse être mise en danger sans avantage compensatoire dans le domaine de l'environnement. Il serait bon que les pays Membres de l'OCDE examinent ces situations et se mettent d'accord pour éviter celles des distorsions intolérables.

* Pour connaître le dernier état de la question dans ce domaine, voir « Radioactive Waste Management Policies in Western Europe », publié par l'OCDE en 1972.

7. FAKTOREN DIE BETREKKING HEBBEN OP HET MILIEUBELEID

Het uitwerken van een politiek voor de bestrijding van de verontreiniging voor een gegeven gewest zal zowel gebaseerd zijn op de brandstofbevoorrading als op plaatselijke faktoren, zoals de aard van de verontreinigingsbronnen, de geografische en meteorologische omstandigheden, de graad van stedelijke en industriële ontwikkeling. Het probleem van het uitwerken van een aangepaste politiek om rekening te houden met de toestand in nieuwe woon- en industriezones, kan heel verschillend zijn van het probleem dat zich stelt wanneer over gewesten die vroeger geïndustrialiseerd werden en sterk geïndustrialiseerd zijn. In dit geval zal de strategie naar een verbetering van de bestaande omstandigheden streven, terwijl in het andere geval de strategieën vanaf het begin zullen trachten de verontreiniging zoveel mogelijk te vermijden.

Een merkelijke verbetering aan omstandigheden die een plaatselijke luchtverontreiniging veroorzaken, kan aangebracht worden door met zorg de planifikatieregels, die konform zijn aan de leefmilieudoelstellingen, toe te passen op het gebruik van de gronden. De voornaamste emissiebronnen kunnen geplaatst worden in zones waar de topografische en meteorologische omstandigheden de verspreiding van de verontreinigende stoffen bevorderen. De techniek van de modellen wordt bij de planning van het gebruik van de gronden en bij het luchtbeheer meer en meer aangewend.

Bij een onderzoek van de kombinaties van strategieën die konform kunnen zijn aan de op het gebied van energie en leefmilieu gestelde doeleinden, is het belangrijk voor ogen te houden dat het ook noodzakelijk is om te vermijden toestanden te scheppen waarin wanverhoudingen op kommercieel gebied kunnen voorkomen (bijvoorbeeld indien men oplossingen voorstelt waarvan de ekonomische weerslag verschilt van land tot land), of waarin de zekerheid van de energiebevoorrading in gevaar kan gebracht worden zonder voordeel voor het leefmilieu. De OESO-lidstaten zouden er goed aan doen deze toestanden te onderzoeken en het eens te worden om de ontoelaatbare wanverhoudingen te vermijden.

* Om de laatste stand van deze kwestie te kennen, zie « Radioactive Waste Management Policies in Western Europe », gepubliceerd door de OESO in 1972.

8. CONCLUSIONS

Il importe de noter que la présente étude ne porte pas sur les effets polluants des substances émises par la combustion des combustibles et que les niveaux admissibles de ces émissions dans l'atmosphère relèvent d'un choix à faire par chacun des pays, en fonction de sa politique propre de l'environnement, étant entendu toutefois qu'il reste possible à des groupes de pays de convenir de normes communes pour faire face à des situations où il aurait été établi que telle ou telle forme de pollution peut traverser des frontières nationales. La conclusion de l'étude est qu'il sera nécessaire de limiter et d'éliminer les polluants, dans les zones affectées si, en fin de compte, on veut éviter la détérioration de l'environnement dans l'ensemble de la zone O.C.D.E. A quel point cela sera-t-il nécessaire ? Cela dépend des autres stratégies d'amélioration qui seront adoptées éventuellement, ainsi que des décisions politiques qui détermineront les niveaux de l'ensemble des émissions qui peuvent être tolérés. En énonçant les principales conclusions de cette étude, on a été amené à poser un certain nombre de problèmes et l'on a fait quelques incursions dans le domaine des implications et des conséquences d'ordre général. Les problèmes politiques fondamentaux exposés au long de cette étude doivent maintenant être étudiés par les comités dont le groupe tient son mandat.

8. BESLUITEN

Het is belangrijk op te merken dat deze studie niet handelt over de verontreinigende effekten van stoffen die geëmitteerd worden door de verbranding van brandstoffen en dat de toelaatbare niveaus van deze emissies in de atmosfeer afhangen van een keuze die elk land in het licht van zijn eigen milieubeleid moet doen. Het is natuurlijk zo dat het mogelijk blijft dat groepen van landen gezamenlijke normen opstellen om aan die toestanden tegemoet te komen, waar er aangetoond is dat een of andere vorm van verontreiniging de nationale grenzen kan overschrijden. Het besluit van de studie : het zal nodig zijn de verontreiniging in getroffen zones te beperken en te vermijden indien men uiteindelijk wil vermijden dat het leefmilieu in heel de OESO-zone vernietigd wordt. In hoever zal dit nodig zijn ? Dat hangt af van andere strategieën voor verbetering die eventueel zullen aangewend worden, alsook van de politieke beslissingen die de totale aanvaardbare emissieniveaus zullen bepalen. Door de belangrijkste besluiten van deze studie te vermelden, werden een aantal problemen opgeworpen en heeft men enkele stappen gedaan in het gebied van de gevolgen en implikaties van algemene aard. De fundamentele politieke problemen die in deze studie uiteengezet werden, moeten nu bestudeerd worden door de komitees waarvan deze groep zijn mandaat gekregen heeft.

Statistique des accidents survenus au cours de 1972 dans les mines de houille et dans les autres établisssements surveillés par l'Administration des Mines

Statistiek van de ongevallen in de kolenmijnen en in de andere inrichtingen onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen in 1972

AVANT-PROPOS

L'Administration des mines, pour donner suite à une recommandation de l'Organe permanent pour la Sécurité et la Salubrité dans les mines de houille de la Communauté européenne, a apporté depuis l'année 1971 deux modifications à la statistique des accidents miniers : la première consiste en une nouvelle répartition des classes de gravité des accidents chômants à incapacité de travail temporaire totale : au lieu d'être répartis en deux classes (1 ou 2 jours, 3 jours et plus d'I.T.T.), ils le sont dorénavant en quatre classes (1 à 3 jours, 4 à 20 jours, 21 à 56 et plus de 56 jours d'I.T.T.).

D'autre part, les données concernant le siège et la gravité des lésions contenues dans chaque fiche d'accident en application de l'arrêté royal du 29 avril 1958 sur les organes de sécurité concernant les mines, n'avaient pas été exploitées jusqu'ici. En application de la recommandation précitée, on a dressé un tableau répartissant les accidents graves du fond, c'est-à-dire ceux qui ont

WOORD VOORAF

De Administratie van het Mijnwezen heeft, in uitvoering van een aanbeveling van het Permanent Orgaan voor de veiligheid en de salubriteit in de steenkolenmijnen van de Europese Gemeenschap, sedert het jaar 1971, twee wijzigingen gebracht aan de statistiek van de ongevallen in de mijnen : vooreerst wordt een nieuwe indeling van de ongevallen met volledige tijdelijke ongeschiktheid ingevoerd : in plaats van in twee klassen (1 of 2 dagen, 3 dagen en meer V.T.O.), worden deze ongevallen voortaan in vier klassen ingedeeld (1 tot 3 dagen, 4 tot 20 dagen, 21 dagen tot 56 en meer dan 56 dagen V.T.O.).

Verder werden de gegevens over de plaats en de zwaarte van de letsels, die bij toepassing van het koninklijk besluit van 29 april 1958 betreffende de organen voor veiligheid in de mijnen op iedere ongevalskaart vermeld worden, tot dusver niet gepubliceerd. In uitvoering van voormelde aanbeveling hebben wij een tabel opgemaakt waarin de zware ondergrondse ongevallen, dat zijn die welke de dood of een volledige arbeidsongeschiktheid van meer dan 56 dagen veroorzaakt

entraîné la mort ou une incapacité totale de plus de 56 jours, selon le siège et la gravité des lésions.

Pour les autres industries surveillées par l'Administration des mines, aucun changement n'a été apporté à la publication traditionnelle de la statistique des accidents.

Le Directeur Général des Mines,

ir. J. MEDAETS.

hebben, naar de plaats en de aard van het letsel ingedeeld worden.

Voor de overige onder de Administratie van het Mijnwezen ressorterende nijverheidstakken heeft de traditionele publikatie van de statistiek van de ongevallen geen wijzigingen ondergaan.

De Directeur-Generaal der Mijnen,

ir. J. MEDAETS.

---

1. — MINES DE HOUILLE 1972

1.1. — Introduction

La statistique des accidents du travail survenus dans les mines de houille en 1972 répartit les accidents, d'une part, suivant leur cause matérielle en 12 rubriques principales et 50 sous-rubriques pour les accidents du fond, 10 rubriques principales pour les accidents de surface et d'autre part, suivant l'importance de l'incapacité de travail qui comporte 4 classes de gravité : « 1 à 3 jours », « 4 à 20 jours », « 21 à 56 jours » et « 56 jours et plus ».

Le décès survenu dans un délai de 56 jours à dater de l'accident est rangé dans les accidents mortels sous la rubrique « tués ».

Le tableau n° 1 hors-texte reprend les accidents du fond qui ont entraîné au cours de l'année 1972 dans chaque division minière et dans le Royaume, une incapacité de travail durant 1 jour au moins, le jour de l'accident non compris.

Le tableau n° 1 bis hors-texte reprend les accidents survenus à la surface et sur le chemin du travail, ainsi que le calcul des proportions de tués.

A noter que tous les accidents des fabriques d'agglomérés et des autres établissements connexes des houillères sont compris dans les relevés des accidents de surface des charbonnages.

De même, les accidents survenus au fond ou à la surface aux ouvriers des houillères occupés à des travaux de premier établissement sont compris dans les diverses rubriques « fond » ou « surface » de ces tableaux.

Aussi les taux de fréquence et de gravité des accidents du fond, de la surface et de l'ensemble fond et surface sont ils calculés par rapport aux prestations de tout le personnel intéressé de l'en-

1. — KOLENMIJNEN 1972

1.1. — Inleiding

De statistiek van de arbeidsongevallen die zich in 1972 in de steenkolenmijnen hebben voorgedaan, deelt die ongevallen in, eensdeels naar hun materiële oorzaak, in 12 hoofdrubrieken en 50 onderrubrieken voor de ondergrondse ongevallen en in 10 hoofdrubrieken voor de bovengrondse ongevallen en anderdeels naar de ernst van de arbeidsongeschiktheid die 4 klassen omvat : « 1 tot 3 dagen », « 4 tot 20 dagen », « 21 tot 56 dagen » en « 56 dagen en meer ».

Het overlijden binnen de 56 dagen na het ongeval wordt, onder de rubriek « om het leven gekomen », tot de dodelijke ongevallen gerekend.

In tabel 1 buiten de tekst worden de ondergrondse ongevallen aangegeven die in de loop van het jaar 1972 in elke mijnafdeling en voor het hele Rijk een arbeidsongeschiktheid van ten minste 1 dag tot gevolg hebben gehad, de dag van het ongeval niet inbegrepen.

In tabel 1 bis buiten de tekst worden de bovengrondse ongevallen en de ongevallen op de weg naar en van het werk aangegeven, alsmede de berekening van de verhouding van de « om het leven gekomenen ».

Alle ongevallen in brikettenfabrieken en andere nevenbedrijven van kolenmijnen zijn begrepen in de cijfers van de ongevallen op de bovengrond.

Zo ook zijn de ongevallen waarvan werklieden van de mijn in de ondergrond of op de begane grond het slachtoffer geweest zijn, terwijl zij werken van eerste aanleg uitvoerden, in de verschillende rubrieken « ondergrond » of « bovengrond » van deze tabellen begrepen.

De veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de ongevallen in de ondergrond, op de bovengrond en voor boven- en ondergrond samen, worden dan ook berekend op de prestaties van al het betrok-

treprise, y compris celui des travaux de premier établissement et celui des industries connexes.

C'est la raison pour laquelle les nombres de postes prestés au fond et surtout à la surface, tels qu'ils sont indiqués au bas du tableau n° 1 bis, peuvent différer sensiblement des nombres de postes correspondants d'autres statistiques, lesquels ne concernent que les travaux d'exploitation de la houillère proprement dite.

111. *Fond*

Le nombre total des victimes d'accidents du fond s'est élevé en 1972 à 17.286. Il est inférieur (— 4,4 %) à celui de 1971 (18.086). Comme le nombre de postes prestés convertis en postes de 8 heures a diminué, lui, de 5 %, le nombre de victimes d'accidents par million de postes prestés a cette fois encore augmenté (3.616 contre 3.605 en 1971 : + 0,3 %).

En Campine, ce rapport était de 2.952 en 1971 contre 2.881 en 1972, soit une diminution de 2,4 %.

Dans les bassins du Sud le rapport est passé de 4.567 en 1971 à 4.863 en 1972 (+ 6,5 %).

On observe une amélioration dans le bassin de Campine et une aggravation particulièrement sensible dans les bassins du Sud.

Les accidents causés par les *éboulements et chutes de pierres et de blocs de houille,* restent de loin les plus nombreux et se décomposent comme suit :

— en taille :	
au cours de l'abattage et des travaux qui y font suite	2 998
au cours des travaux de contrôle du toit	1 843
— dans les galeries en veine de toute nature	1 360
— dans les galeries au rocher	414
— dans les puits et burquins	56
Soit au total :	6 671

La proportion d'accidents de cette nature par rapport à l'ensemble des accidents du fond s'établit ainsi à 38,5 %, en diminution par rapport à 1971 (39,2 %). Cette proportion atteignait près de 50 % en 1956.

Elle est moindre en Campine (36,8 %) que dans le Sud (40,4 %) mais diminue de part et d'autre.

La proportion de ces accidents dans l'ensemble des cas mortels du fond est tombée à 15 % en 1972 alors qu'elle dépassait régulièrement 50 % dans le passé.

ken personeel van de onderneming, dat van de nevenbedrijven en de arbeiders van werken van eerste aanleg inbegrepen.

Daarom kan het aantal in de ondergrond en vooral op de bovengrond verrichte diensten dat in tabel 1 bis vermeld is merkelijk verschillen van de cijfers die in andere statistieken aangeduid zijn en die alleen op de ontginning van de eigenlijke mijn betrekking hebben.

111. *Ondergrond*

In 1972 waren er in totaal 17.286 slachtoffers van ongevallen in de ondergrond. Dit is minder (— 4,4 %) dan in 1971 (18.086). Maar het aantal diensten, in dagen van 8 uren omgerekend, is in dezelfde periode met 5 % verminderd, zodat het totaal aantal slachtoffers van ongevallen per miljoen diensten weer toegenomen is (3.616 tegenover 3.605 in 1971 : + 0,3 %).

In de Kempen was die verhouding 2.952 in 1971 tegenover 2.881 in 1972, d.w.z. een vermindering met 2,4 %.

In de zuiderbekkens is de verhouding gestegen van 4.567 in 1971 tot 4.863 in 1972 (+ 6,5 %).

In het Kempens bekken kan men dus een verbetering vaststellen terwijl er zich in de zuiderbekkens een bijzonder gevoelige verslechtering heeft voorgedaan.

De ongevallen door *instortingen en door het vallen van stenen en blokken kool* veroorzaakt, zijn nog steeds het talrijkst en worden als volgt verdeeld :

— in pijlers :	
tijdens de winning en het vervolg van de winning	2 998
tijdens verrichtingen voor de dakcontrole	1 843
— in om het even welke gangen in de kolen	1 360
— in de gangen in het gesteente	414
— in schachten en blinde schachten	56
samen :	6 671

Deze ongevallen vormen samen 38,5 % van het totaal aantal ondergrondse ongevallen, wat minder is dan in 1971 (39,2 %). Dit percentage bedroeg in 1956 nog bijna 50 %.

Het beloopt minder in de Kempen (36,8 %) dan in de zuiderbekkens (40,4 %), maar het vermindert aan beide zijden.

De verhouding van die ongevallen in het geheel van de dodelijke ongevallen in de ondergrond is in 1972 tot 15 % teruggelopen, dan wanneer het in het verleden nog meer dan 50 % beliep.

— Les accidents occasionnés par le fonctionnement de *machines d'abattage, chargeuses, remblayeuses et autres machines, ainsi que l'emploi d'outils et la manipulation d'éléments de soutènement* occupent la seconde place d'importance des causes d'accidents. On a enregistré sous cette rubrique en 1972, 3.788 accidents (21,9 % du total des accidents du fond). La manipulation d'éléments de soutènement a fait 2.114 victimes contre 2.748 en 1971 (— 14,7 %). Toutefois aucun de ces accidents n'a été mortel.

— *Les manipulations diverses et chutes d'objets* viennent au troisième rang des causes d'accidents avec 2.547 victimes en 1972 contre 5.018 en 1971, soit une diminution très importante de 49,2 %.

La proportion des victimes d'accidents de cette catégorie a baissé fortement, tombant de 27,7 % (en 1971) à 14,7 % (en 1972) du nombre total des accidents du fond.

La circulation du personnel (chutes, heurts, foulures, etc.) vient en quatrième rang des causes d'accidents quant au nombre de victimes avec 1.804 victimes (10,4 %). On relève un accident mortel survenu dans un burquin en Campine.

Les transports passent cette année au cinquième rang des causes d'accidents, quant au nombre, avec 1.689 victimes, soit 9,7 % de l'ensemble des accidents du fond. En revanche, c'est la cause la plus meurtrière avec 7 des 20 accidents mortels du fond (35 %).

Les transports en galeries horizontales par locomotives, treuils et câbles ou chaînes, pousseurs, sont à l'origine de 590 de ces accidents (34,9 %).

Les transports continus en tailles et en galeries par bandes métalliques, convoyeurs à raclettes, de 325 (19,2 %). Les transports en taille par gravité sont à l'origine de 261 accidents qui proviennent exclusivement des bassins du Sud (15,5 % des accidents de transport).

Les transports en galeries par wagonnets actionnés par hiercheurs comptent encore pour 13,9 % du nombre total des victimes des accidents de transport (234 victimes dont 152 dans les bassins du Sud).

Le nombre d'accidents dus au *grisou, aux feux et incendies, aux explosifs et à l'électricité* a été de 25 au total. Un dégagement instantané de grisou à Charleroi a fait 6 morts. L'emploi d'explosifs a fait 4 victimes et l'électricité 9 victimes, dont 8 en Campine.

On relève enfin sous la rubrique « *divers* », 762

Op de tweede plaats komen, wat de oorzaken van de ongevallen betreft, deze veroorzaakt door *de winmachines, de laadmachines, de vulmachines en andere machines, evenals door het gebruik van gereedschap en de manipulatie van ondersteuningsmiddelen.* Onder deze rubriek vielen, in 1972, 3.788 ongevallen (21,9 % van het totaal van de ongevallen in de ondergrond). De manipulatie van ondersteuningsmiddelen heeft 2.114 slachtoffers gemaakt tegenover 2.748 in 1971 (— 14,7 %). Geen enkel van die ongevallen was echter dodelijk.

Diverse manipulaties en het vallen van voorwerpen komen op de derde plaats, wat de oorzaken van de ongevallen betreft, met 2.547 slachtoffers in 1972 tegenover 5.018 in 1971, d.w.z. een belangrijke vermindering met 49,2 %.

De verhouding inzake slachtoffers van ongevallen in deze categorie is sterk gedaald, van 27,7 % (in 1971) tot 14,7 % (in 1972) van het totale aantal ongevallen in de ondergrond.

Op de vierde plaats komt, wat het aantal slachtoffers betreft, als oorzaak van ongevallen, *het circuleren van het personeel* voor (*vallen, zich stoten, verstuikingen, enz.*), met 1.804 slachtoffers (10,4 %). Eén dodelijk ongeval heeft zich in een blinde schacht in de Kempen voorgedaan.

Het vervoer komt dit jaar op de vijfde plaats, wat het aantal betreft, met 1.689 slachtoffers, d.w.z. 9,7 % van het totale aantal ongevallen in de ondergrond. Daarentegen heeft het de meeste dodelijke ongevallen veroorzaakt, namelijk 7 op de 20 dodelijke ongevallen in de ondergrond (35 %).

Het vervoer in vlakke mijngangen door middel van lokomotieven, lieren met kabels of kettingen, stootinstallaties, waren de oorzaak van 590 van die ongevallen (34,9 %).

Het bestendig vervoer in pijlers en mijngangen door bandtransporteurs en pantsertransporteurs veroorzaakten 325 ongevallen (19,2 %). Door het vervoer in de pijlers door middel van de zwaartekracht deden zich 261 ongevallen voor, uitsluitend in de zuiderbekkens (15,5 % van de vervoersongevallen).

Het vervoer in de mijngangen door middel van door slepers getrokken wagentjes komt nog met 13,9 % voor in het totale aantal slachtoffers van de vervoersongevallen (234 slachtoffers waarvan 152 in de zuiderbekkens).

De aan *mijngas, mijnvuur en branden, springstoffen en elektriciteit* te wijten ongevallen belopen in totaal 25. Een mijngasdoorbraak heeft in Charleroi 6 doden gemaakt. Het gebruik van springstoffen heeft 4 slachtoffers en de elektriciteit 9 slachtoffers gemaakt, waarvan 8 in de Kempen.

Onder de rubriek « *diverse oorzaken* » komen

accidents dont 110 imputables à l'air comprimé et 139 survenus à la surface à des ouvriers du fond, en dehors du poste de travail proprement dit.

112. *Surface*

A la surface, les accidents dus aux manipulations diverses et aux chutes d'objets sont restés les plus fréquents (457 sur 1.253, soit 36,5 %), suivis de près par les accidents imputés au maniement ou à l'emploi d'outils, machines et mécanismes (26,0 %) dont l'un a été mortel et dont deux ont entraîné une invalidité de plus de 20 %. Les chutes n'interviennent plus en 1972 que pour 19,7 % et viennent, comme en 1971, en troisième position. Néanmoins, cette dernière catégorie d'accidents a fait 2 morts dans les bassins du Sud.

Les accidents dus au transport ont fait 82 victimes en 1972, soit 6,5 % du total des accidents de la surface.

113. *Chemin du travail*

En 1972, il n'y a plus eu que 3 tués sur le chemin du travail; 18 blessés ont gardé une incapacité permanente, dont deux de plus de 20 %.

12. — Taux de fréquence, de gravité, de risque au fond et à la surface

Rappelons que par un arrêté royal du 29 avril 1958 le nombre de journées de chômage attribuées à tout accident mortel ou ayant entraîné une incapacité permanente totale a été portée à 7 500 et que ce même arrêté a disposé que le nombre conventionnel de journées de chômage attribuées au cas d'incapacité permanente partielle est le produit de 7 500 par le taux réel d'incapacité permanente attribué définitivement par les services médicaux compétents.

Le tableau n° 2 donne les taux de fréquence et les taux de gravité des accidents survenus au fond et à la surface des mines de houille, dans les trois bassins et dans le Royaume.

Le *taux de fréquence* — c'est-à-dire le nombre d'accidents par million d'heures de travail — a été de 453 au fond (451 en 1971) et 67 à la surface (68 en 1971).

Dans les bassins du Sud, le taux de fréquence a augmenté de près de 6 % au fond et de 4,9 % à la surface, tandis qu'on observe au contraire une amélioration du taux de fréquence des accidents du fond dans le bassin de Campine (— 2,4 %).

Pour le fond, le taux de loin le plus élevé s'observe à nouveau, comme précédemment, dans

762 ongevallen voor, 110 te wijten aan het gebruik van perslucht en 139 die op de bovengrond overkomen zijn aan ondergrondse arbeiders, buiten de eigenlijke dienst.

112. *Bovengrond*

Op de bovengrond kwamen de aan diverse manipulaties en aan het vallen van voorwerpen te wijten ongevallen het meest voor (457 op 1.253, d.w.z. 36,5 %), onmiddellijk gevolgd door die veroorzaakt door het hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen (26,0 %), waaronder één dodelijk en twee die een invaliditeit van meer dan 20 % veroorzaakt hebben. In 1972 zijn nog slechts 19,7 % van de ongevallen aan het vallen van het slachtoffer te wijten, een oorzaak die zoals in 1971 de derde plaats inneemt. Desondanks vielen in deze categorie van ongevallen in de zuiderbekkens 2 doden.

De aan het vervoer te wijten ongevallen hebben in 1972 2 slachtoffers gevergd, d.w.z. 6,5 % van het totaal aantal ongevallen op de bovengrond.

113. *Op de weg naar of van het werk*

In 1972 zijn slechts 3 personen op de weg naar of van het werk omgekomen en hebben 18 personen een blijvende ongeschiktheid opgelopen, in twee gevallen van meer dan 20 %.

12. — Veelvuldigheidsvoet, ernst- en risicovoet in de ondergrond en op de bovengrond

Men weet dat een koninklijk besluit van 29 april 1958 het aantal afwezigheidsdagen, voor ieder dodelijk ongeval of voor ieder ongeval met een totale blijvende ongeschiktheid aangerekend, op 7 500 gebracht heeft en dat hetzelfde besluit bepaald heeft dat het konventioneel aantal afwezigheidsdagen, voor de ongevallen met gedeeltelijke blijvende ongeschiktheid aangerekend, gelijk is aan het produkt van 7 500 met het door de bevoegde medische diensten definitief toegekende percentage van blijvende ongeschiktheid.

In tabel 2 zijn voor de drie mijnbekkens en voor het Rijk de veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de ongevallen in de ondergrond en op de bovengrond van de kolenmijnen aangeduid.

De *veelvuldigheidsvoet*, d.i. het aantal ongevallen per miljoen werkuren, beliep 453 voor de ondergrond (451 in 1971) en 67 op de bovengrond (68 in 1971).

In de Zuiderbekkens bedraagt de stijging bijna 6 % voor de ondergrond en 4,9 % voor de bovengrond, dan wanneer de veelvuldigheidsvoet van de ondergrondse ongevallen in het Kempens bekken daarentegen flink verbeterd is (— 2,4 %).

Voor de ondergrond heeft het bekken van Luik opnieuw, zoals voorheen, verreweg het hoogste

TABLEAU n° 2. — *Taux de fréquence et de gravité des accidents survenus au fond et à la surface des mines de houille en 1972 et nombre moyen de journées chômées par accident*

TABEL 2. — *Veelvuldigheidsvoet en ernstvoet van de in 1972 in de ondergrond en op de bovengrond van de kolenmijnen gebeurde ongevallen en gemiddeld aantal verletdagen per ongeval*

	HAINAUT / HENEGOUWEN		LIEGE / LUIK		SUD / ZUIDERBEKKENS		CAMPINE / KEMPEN		ROYAUME / HET RIJK	
	Fond Ondergr.	Surface Bovengr.	Fond Ondergr.	Surface Bovengr.	Fond Ondergr.	Surface Bovengr.	Fond Ondergr.	Surface Bovengr.	Fond Ondergr.	Surface Bovengr.
Nombre de postes de 8 heures effectuées en 1972 : n / Aantal diensten van 8 uren verricht in 1972 : n	1 221 148	695 630	584 451	277 242	1 805 599	972 872	2 974 175	1 361 738	4 779 774	2 334 610
Nombre d'accidents chômants (y compris les cas de mort) : A / Aantal ongevallen met arbeidsverzuim (dodelijke ongevallen inbegrepen) : A	5 189	583	3 542	268	8 731	851	8 575	405	17 306	1 256
Taux de fréquence T_f (1972) $= \frac{A \times 10^6}{8\,n}$ Veelvuldigheidsvoet (1972)	**530**	**104**	**760**	**117**	**605**	**108**	**360**	**37**	**453**	**67**
Rappel de 1971 : T_f / Idem voor 1971 : T_f	483	103	759	104	571	103	369	39	451	68
Nombre de jours d'incapacité temporaire totale (à l'exclusion des cas de mort et des incapacités permanentes) : J / Aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid (met uitsluiting van de dodelijke ongevallen met blijvende ongeschiktheid) : J	92 804	9 921	33 987	3 141	126 791	13 062	93 062	5 732	219 853	18 794
Nombre de jours conventionnels de chômage pour les cas de mort et d'incapacité permanente : / Overeengekomen aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid : $J' = \left(M + \frac{P}{100} \right) \times 7.500$	166 425	40 725	57 900	15 225	224 325	55 950	158 813	8 588	383 138	64 538
TOTAL $J + J'$ TOTAAL	259 229	50 641	91 887	18 366	351 116	69 012	251 875	14 320	602 991	83 332
Taux de gravité : T_g / Ernstvoet : T_g										
— sans J' $\frac{J \times 10^3}{8\,n}$ / — J' niet inbegrepen	**9,5**	**1,8**	**7,3**	**1,4**	**8,7**	**1,6**	**3,9**	**0,5**	**5,7**	**1,0**
rappel de 1971 / id. voor 1971 : T_g	9,1	1,7	8,6	1,5	8,9	1,6	4,0	0,6	6,0	1,0
— avec J' $\frac{(J + J') \times 10^3}{8\,n}$ / — J' inbegrepen	**26,5**	**9,1**	**19,7**	**8,1**	**24,3**	**8,8**	**10,6**	**1,3**	**15,8**	**4,4**
rappel de 1971 / id. voor 1971 : T_g	24,5	4,4	35,1	3,8	27,9	4,2	10,7	1,4	17,7	2,6
Nombre moyen de journées chômées par accident / Gemiddeld aantal verletdagen per ongeval										
— sans J' $\frac{J}{A}$ / — J' niet inbegrepen	**17,9**	**17,0**	**9,6**	**11,8**	**14,5**	**15,3**	**10,9**	**14,2**	**12,7**	**14,9**
rappel de 1971 / id. voor 1971 : T_g	18,8	16,3	11,3	14,8	15,6	15,8	10,8	14,5	13,3	15,4
— avec J' $\frac{J + J'}{A}$ / — J' inbegrepen	**50,0**	**86,9**	**26,0**	**69,1**	**40,2**	**81,2**	**29,4**	**35,4**	**34,8**	**66,3**
rappel de 1971 / id. voor 1971 : T_g	50,7	42,5	46,3	36,3	48,8	40,6	29,0	35,2	39,2	38,9

le bassin de Liège, 760, plus du double du taux relevé en Campine (360).

Pour la surface, l'écart entre les deux régions est encore plus important car le taux de fréquence, qui s'élève à 37 dans le bassin de Campine, atteint en moyenne près du triple (104) dans les bassins du Sud.

Pour établir *le taux de gravité* des accidents, le tableau 2 donne d'abord le nombre de jours d'incapacité temporaire totale à l'exclusion des cas mortels et des incapacités permanentes (J), et ensuite le nombre conventionnel de jours de chômage attribués à ces dernières catégories d'accidents conformément aux prescriptions de l'arrêté royal du 29 avril 1958 (J').

Ce nombre résulte en fait de la formule :

$$J' = \left(M + \frac{P}{100}\right) \times 7.500$$

dans laquelle

M - est le nombre d'accidents mortels qui figure au tableau 1

P - est la somme des taux d'incapacité suivants, exprimés en % :

1. des incapacités permanentes définitivement consolidées en 1972 résultant d'accidents survenus dans l'année;
2. des prévisions d'incapacité permanente attribuées à des lésions résultant d'accidents survevenus en 1972 mais dont la consolidation définitive n'était pas acquise en fin d'exercice;
3. des différences entre les taux de consolidation définitive attribuées en 1972 à des victimes d'accidents survenus au cours d'exercices antérieurs, et les taux provisoires pris en considération pour le calcul des taux de gravité des exercices antérieurs.

Ces éléments permettent d'établir pour les différents bassins le *taux de gravité* des accidents, c'est-à-dire le nombre de journées d'incapacité rapporté au nombre d'heures de travail exprimé en milliers.

Ainsi : $T_g = 1.000 \times \frac{J}{8\,n}$ ou $1.000 \times \frac{J + J'}{8\,n}$

suivant que l'on tient compte ou non du nombre de jours conventionnels de chômage attribués aux accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente.

Le premier de ces taux, qui exprime le nombre de journées perdues pour 1 000 heures de travail respectivement au fond et à la surface, montre que le chômage provoqué par les accidents du travail du fond est resté en 1972 plus de deux fois supérieur dans les bassins du Sud à celui du

cijfer behaald, nl. 760, d.i. meer dan tweemaal zoveel als in de Kempen (360).

Voor de bovengrond is het verschil tussen deze twee streken nog groter, want de veelvuldigheidsvoet, die in de Kempen 37 bedraagt, ligt gemiddeld bijna driemaal hoger (104) in de Zuiderbekkens.

Om de *ernstvoet* van de ongevallen te bepalen, geeft tabel 2 eerst het aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid, met uitsluiting van de dodelijke ongevallen en die met een blijvende ongeschiktheid (J) en daarna het overeengekomen aantal verloren dagen aan deze twee kategorieën van ongevallen toegekend overeenkomstig de bepalingen van het koninklijk besluit van 20 april 1958 (J').

Feitelijk bekomt men dit aantal door de formule :

$$J' = \left(M + \frac{P}{100}\right) \times 7.500$$

waarin M het aantal dodelijke ongevallen vermeld in tabel 1 voorstelt en
P de som is van de hierna vermelde ongeschiktheidspercentages :

1. de in 1972 definitief gekonsolideerde blijvende ongeschiktheid voorspruitende uit ongevallen die in de loop van het jaar gebeurd zijn;
2. de voorziene blijvende ongeschiktheden toegekend voor letsels van ongevallen die in 1972 gebeurd, maar op het einde van het jaar nog niet definitief gekonsolideerd waren;
3. de verschillen tussen de percentages van definitieve konsolidatie in 1972 toegekend aan slachtoffers van ongevallen van voorgaande jaren en de voorlopige percentages die voor de berekening van de ernstvoeten van de vorige dientsjaren in aanmerking genomen zijn.

Aan de hand van deze gegevens kan de *ernstvoet* van de ongevallen berekend worden, d.i. het aantal dagen door ongevallen verloren per duizend werkuren, zodat :

$$T_g = 1.000 \times \frac{J}{8\,n} \text{ of } 1.000 \times \frac{J + J'}{8\,n}$$

naargelang men al dan niet rekening houdt met het konventioneel aantal verloren dagen aan dodelijke ongevallen of aan ongevallen met een blijvende ongeschiktheid toegekend.

Het eerste cijfer, dat het aantal verloren dagen per 1 000 werkuren weergeeft, enerzijds voor de ondergrond en anderzijds voor de bovengrond, toont aan dat in 1972 het aantal door ondergrondse arbeidsongevallen verloren dagen in de Zuiderbekkens meer dan tweemaal hoger ligt dan in de

bassin de Campine, et plus de trois fois à la surface.

L'évolution du taux de gravité global (avec J') accuse une amélioration dans les bassins du Sud, où il tombe de 27,9 à 24,3. En Campine il reste stationnaire : 10,6 en 1972 (10,7 en 1971).

Le taux de risque — sans J' — (nombre moyen de journées chômées par accident) s'est également amélioré au fond dans le Royaume et dans les bassins du Sud mais à peu varié en Campine.

Si l'on tient compte des journées de chômage conventionnellement attribuées aux accidents mortels et aux incapacités permanentes, le tableau présente une amélioration du taux de risque au fond dans les bassins du Sud (il passe de 48,8 en 1971 à 40,2 en 1972 : — 18 %); en Campine, ce taux a peu varié.

Le taux de risque avec J', pour les accidents de la surface, s'est aggravé considérablement en 1972 dans les bassins du Sud (+ 50 %).

13. — Procès-verbaux d'accidents dressés par l'Administration des Mines

Les enquêtes auxquelles ont donné lieu les accidents graves survenus dans les charbonnages en 1972 ont fait l'objet de 34 procès-verbaux dressés par les ingénieurs du Corps des Mines. Les suites en sont données au tableau n° 3.

L'écart entre le nombre de procès-verbaux et celui des accidents graves et mortels mentionnés au tableau 1 s'explique comme suit :

1) certains accidents font plusieurs victimes, mais ne font l'objet que d'un seul procès-verbal d'enquête, d'où l'écart entre le nombre de procès-verbaux et le nombre de victimes mentionnés au tableau n° 3;

2) dans certains cas, l'incapacité de la victime a été portée à 20 % ou davantage trop tardivement pour que l'ingénieur des mines puisse utilement procéder à une enquête technique sur les causes et circonstances de ces accidents. Inversément des enquêtes sont faites parfois pour des accidents apparemment graves mais dont résultent finalement des incapacités permanentes partielles consolidées à moins de 20 %;

3) les procès-verbaux de certaines enquêtes en cours à la date du 31 décembre ne sont pas encore enregistrés à cette date. En revanche certains procès-verbaux enregistrés dans l'année peuvent se rapporter à des accidents de l'exercice précédent;

4) certaines enquêtes sont faites pour des accidents mortels survenus dans les charbonnages fermés et qui dès lors ne sont plus repris dans la statistique, ou encore pour des accidents sur-

Kempen en meer dan drie maal hoger op de bovengrond.

De ontwikkeling van de totale ernstvoet (met J') wijst op een verbetering in de Zuiderbekkens, waar hij van 27,9 tot 24,3 terugloopt. In de Kempen blijft hij stationair : 10,6 in 1972 (10,7 in 1971).

De risicovoet — zonder J' — (gemiddeld aantal verloren werkdagen per ongeval) is voor het Rijk en voor de Zuiderbekkens eveneens verbeterd voor de ondergrond, maar bleef in de Kempen nagenoeg ongewijzigd.

Als men de overeengekomen verletdagen voor dodelijke ongevallen en blijvende werkongeschiktheid meerekent, vertoont de tabel een verbetering van de risicovoet voor de ondergrond in de Zuiderbekkens (van 48,8 in 1971 naar 40,2 in 1972 : — 18 %); in de Kempen bleef dat cijfer nagenoeg ongewijzigd.

Voor de bovengrondse ongevallen is de risicovoet met J' in 1972 in de Zuiderbekkens aanzienlijk verslechterd (+ 50 %).

13. — Processen-verbaal van ongeval, door de Administratie van het Mijnwezen opgesteld

In 1972 hebben de ingenieurs van het Mijnkorps 34 processen-verbaal van zware ongevallen in de mijnen opgesteld; meer bijzonderheden daarover zijn te vinden in tabel 3.

Het verschil tussen het aantal processen-verbaal en het in tabel 1 vermelde cijfer van de zware en dodelijke ongevallen is als volgt te verklaren :

1) sommige ongevallen maken verscheidene slachtoffers, maar geven slechts aanleiding tot één enkel proces-verbaal van onderzoek, zodat er een verschil is tussen het aantal processen-verbaal en het aantal slachtoffers dat in tabel 3 aangeduid is;

2) voor sommige ongevallen wordt de ongeschiktheid van het slachtoffer te laat op 20 % of meer vastgesteld, zodat de rijksmijningenieur geen technisch onderzoek naar de oorzaken en de omstandigheden van die ongevallen meer kan instellen. Omgekeerd, wordt soms een onderzoek ingesteld voor ongevallen die zwaar lijken, maar die uiteindelijk slechts een blijvende ongeschiktheid van minder dan 20 % tot gevolg hebben;

3) de processen-verbaal van sommige onderzoeken die op 31 december nog aan de gang zijn, zijn op die datum nog niet ingeschreven. Van de andere kant kunnen sommige processen-verbaal die in de loop van het jaar ingeschreven zijn betrekking hebben op ongevallen die het jaar te voren gebeurd zijn;

4) sommige onderzoeken hebben betrekking op dodelijke ongevallen in gesloten kolenmijnen, die

TABLEAU n° 3. — TABEL 3.

Accidents graves survenus dans les mines en 1972. — *Zware ongevallen in de mijnen in 1972.*

RUBRIQUES	Hainaut Henegouwen	Liège Luik	Sud Zuiderbekken	Campine Kempen	Royaume Het Rijk	RUBRIEKEN
Nombre de P.V. d'accidents :						Aantal processen-verbaal van ongevallen :
Fond	12	3	15	14	29	Ondergrond . . . . .
Surface	3	2	5	—	5	Bovengrond . . . . .
Total	**15**	**5**	**20**	**14**	**34**	**Totaal** . . . .
Nombre de victimes (voir tableau n° 1) :						Aantal slachtoffers (zie tabel 1) :
a) Tués ou blessés mortellement . . .	12	5	17	7	24	a) Doden en dodelijk gekwetsten . . . . .
b) Blessés grièvement .	8	1	9	7	16	b) Zwaar gekwetsten .
Total	**20**	**6**	**26**	**14**	**40**	**Totaal** . . . .
Conclusions de l'Administration des Mines :						Konklusies van de Administratie van het Mijnwezen :
1) Poursuites demandées	—	—	—	2	2	1) Vervolgingen gevraagd . . . .
2) Poursuites laissées à l'appréciation du Procureur du Roi .	0	—	0	1	1	2) Vervolgingen overgelaten aan de beoordeling van de Prokureur des Konings . .
3) Recommandations de sécurité faites au charbonnage . . .	10	—	10	7	17	3) Aan de mijn gedane aanbevelingen betreffende de veiligheid .
4) Classement demandé	15	5	20	11	31	4) Klassering gevraagd .
Enquêtes en cours . .	1	—	1	—	1	Nog lopende onderzoeken

TABLEAU n° 4. — TABEL 4.

Rétrospective des accidents mortels. — *De dodelijke ongevallen tijdens de jongste jaren.*

Année Jaar	Nombre de tués Fond Aantal doden Ondergrond	Nombre de tués par million de postes Fond Aantal doden per miljoen diensten Ondergrond	Nombre de tués Surface Aantal doden Bovengrond	Nombre de tués par million de postes Surface Aantal doden per miljoen diensten Bovengrond	Nombre de tués Fond et surface Aantal doden Onder- en bovengrond	Nombre de tués par million de postes Fond et surface Aantal doden per miljoen diensten Onder- en bovengrond
1940	161	6,96	14	1,30	175	5,16
1950	147	5,46	20	1,62	167	4,25
1960	68	4,28	4	0,59	72	3,18
1963	68	5,14	11	1,92	79	4,16
1964	51	3,77	5	0,94	56	2,97
1965	52	4,34	3	0,62	55	3,28
1966	47	4,69	2	0,48	49	3,45
1967	38	4,22	1	0,26	39	3,04
1968	28	3,64	4	1,19	32	2,90
1969	17	2,64	3	1,00	20	2,12
1970	19	3,70	2	0,77	21	2,72
1971	13	2,59	1	0,39	14	1,84
1972	20	4,20	3	1,30	23	3,20

venus à des personnes étrangères aux mines dans les dépendances des mines (par exemple sur les terrils...) ou encore pour des accidents dont seraient victimes dans l'enceinte des charbonnages des personnes au service d'entrepreneurs étrangers à la mine chargés de l'exécution de certains travaux.

14. — Rétrospective des accidents mortels

L'évolution du nombre de tués au fond et à la surface, en chiffres absolus et rapporté au million de postes au cours des 10 dernières années, avec rappel des données correspondantes pour 1940, 1950 et 1960, est figurée au tableau n° 4.

15. — Répartition des accidents graves suivant le siège et la nature des lésions

Depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté royal du 29 avril 1958 relatif aux organes de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail concernant les mines, minières et carrières souterraines, les chefs des services de sécurité et d'hygiène des charbonnages sont tenus de remplir, pour chaque accident, une « fiche d'accident » dont le contenu est défini à l'annexe 1 dudit arrêté, annexe à laquelle renvoie l'article 4.

Entre autres renseignements la fiche doit mentionner le siège et la nature des lésions causées par l'accident et ces données, codifiées dans l'annexe, sont reprises dans l'index de classement des fiches, pour en permettre l'exploitation mécanographique. Jusqu'ici ces données n'avaient pas été exploitées systématiquement par l'Administration. Pour donner suite à la recommandation concernant l'élaboration des statistiques communes relatives aux victimes des accidents du fond approuvée par l'Organe permanent pour la sécurité et la salubrité dans les mines de houille de la Commission des Communautés européennes, lors de sa réunion du 29 juin 1971, les divisions minières ont invité les exploitants de mines de houille à classer les accidents graves au sens de l'organe permanent — selon le siège et la nature des lésions, définis à l'annexe précitée de l'arrêté royal du 29 avril 1958.

Par accident grave, l'Organe permanent entend l'accident qui a entraîné soit la mort endéans les 56 jours de sa survenance, soit une incapacité de travail *au fond* de plus de 56 jours.

Les résultats de ce travail sont consignés dans le tableau n° 4 bis hors-texte. Si le nombre des acci-

bijgevolg in de statistiek niet meer opgenomen worden, of op ongevallen waarvan personen die niet tot het mijnpersoneel behoren in de aanhorigheden van mijnen (op steenbergen b.v.) het slachtoffer zijn of ook nog op ongevallen op het terrein van de mijn overkomen aan het personeel van aannemers die bepaalde werken uitvoeren.

14. — De dodelijke ongevallen tijdens de jongste jaren

De ontwikkeling van het aantal doden in de ondergrond en op de bovengrond tijdens de jongste 10 jaren, in volstrekte cijfers uitgedrukt en per miljoen diensten berekend, met een overzicht van de overeenstemmende gegevens voor 1940, 1950 en 1960, is in tabel 4 aangeduid.

15. — Indeling van de zware ongevallen naar de plaats en de aard van het letsel

Sedert het koninklijk besluit van 29 april 1958 betreffende de organen voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen in de mijnen, graverijen en ondergrondse groeven in werking getreden is, moeten de hoofden van de diensten voor veiligheid en gezondheid van de kolenmijnen voor ieder ongeval een ongevalskaart invullen, waarvan de inhoud bepaald is in bijlage 1 van dat besluit, een bijlage waar in artikel 4 naar verwezen wordt.

Benevens andere inlichtingen, moeten de plaats en de aard van de door het ongeval veroorzaakte letsels op de steekkaart vermeld worden en deze gegevens, waarvan de codenummers in de bijlage voorkomen, worden in de rangschikkingsindex van de steekkaarten opgenomen om ze mechanografisch te kunnen gebruiken. Tot dusver werden deze gegevens niet stelselmatig gebruikt door de Administratie. In uitvoering van de tijdens zijn vergadering van 29 juni 1971 door het Permanent Orgaan voor de veiligheid en de salubriteit in de steenkolenmijnen van de Commissie van de Europese Gemeenschappen gedane aanbeveling betreffende het uitwerken van gemeenschappelijke statistieken over de slachtoffers van ongevallen in de ondergrond, hebben de mijnafdelingen de exploitanten erom verzocht de zware ongevallen — volgens het Permanent Orgaan — in te delen naar de plaats en de aard van de letsels die in voornoemde bijlage bij het koninklijk besluit van 29 april 1959 bepaald zijn.

Onder zwaar ongeval verstaat het Permanent Orgaan een ongeval dat ofwel de dood van het slachtoffer binnen 56 dagen nadat het gebeurd is, ofwel een arbeidsongeschiktheid *voor de ondergrond* van meer dan 56 dagen veroorzaakt heeft.

De uitslagen van dat werk zijn in tabel 4 bis buiten de tekst opgenomen. Het aantal dodelijke

dents mortels y recencés est le même que dans le tableau n° 1 hors-texte, il n'en est pas de même des accidents graves à incapacité temporaire totale de plus de 56 jours. En effet, dans le tableau 4 bis sont recensés, outre les accidents ayant entraîné une incapacité temporaire totale de plus de 56 jours (464 au fond pour le Royaume) les accidents dont les victimes ont été remises au travail *à la surface* avant l'expiration du délai de 56 jours, mais qui n'ont pu reprendre le travail normal *au fond* qu'au delà du 56e jour d'incapacité.

Elles sont au nombre de 92 pour le Royaume, ce qui conduit au total de 556 du tableau n° 4 bis.

L'examen de ce tableau montre que les accidents aux mains totalisent le tiers des accidents graves du fond (33 %), les accidents aux jambes près du quart (24,1 %) et aux pieds plus d'un septième (16 %), soit ensemble plus des sept dixièmes (73,1 %).

Ce sont les accidents affectant l'ensemble du corps et le tronc qui entraînent le plus de décès (12 + 3 = 15 sur 20).

Quant à la nature des lésions, il convient d'abord d'observer que certaines d'entre elles (asphyxie, submersion, empoisonnement) affectent, de par leur nature même, l'ensemble du corps, tandis que d'autres ne peuvent affecter que certains « sièges » (par exemple, la perte d'un membre ne peut affecter que les membres). C'est pourquoi dans certaines colonnes, un certain nombre de lignes ont été condamnées.

Ceci étant précisé, on constatera que les fractures totalisent presque la moitié des accidents graves recensés (48,2 %) et près du tiers (30 %) des accidents mortels, tandis que les contusions, écorchures et plaies en groupent encore plus des deux cinquièmes (40 %) et 10 % des cas mortels. Ainsi ces deux « natures de lésion » rassemblent les quatre cinquièmes des accidents graves (88,2 %) et 40 % des accidents mortels. On relève également 8 accidents mortels par intoxication et asphyxie, soit 40 % du nombre total d'accidents mortels.

ongevallen dat in deze tabel vermeld is, is hetzelfde als in tabel 1, maar voor de zware ongevallen met een volledige tijdelijke ongeschiktheid van meer dan 56 dagen is dat niet het geval. Benevens de ongevallen die een volledige tijdelijke ongeschiktheid van meer dan 56 dagen veroorzaakt hebben (464 in de ondergrond voor het Rijk), worden in tabel 4 bis immers ook de ongevallen opgenomen waarvan de slachtoffers vóór het verstrijken van de periode van 56 dagen *op de bovengrond* te werk gesteld worden maar die pas na de 56ste dag het normaal werk *in de ondergrond* kunnen hervatten.

Voor het Rijk zijn er zo 92, wat het totaal van tabel 4 bis op 556 brengt.

Uit deze tabel blijkt dat een derde van de zware ongevallen in de ondergrond aan de handen gebeuren (33 %), haast een vierde aan de benen (24,1 % en meer dan een zevende aan de voeten (16 %), d.i. samen meer dan zeven tiende (73,1 %).

Haast alle sterfgevallen worden veroorzaakt door ongevallen aan heel het lichaam of aan de romp (12 + 3 = 15 op 20).

Wat de aard van de letsels betreft, dient vooreerst te worden opgemerkt dat sommige letsels (verstikking, verdrinking, vergiftiging) uiteraard op heel het lichaam betrekking hebben, terwijl andere alleen op bepaalde plaatsen kunnen slaan (zo kan het verlies van een lidmaat alleen op de ledematen slaan). Daarom zijn sommige regels in sommige kolommen weggelaten.

Na deze verduidelijking ziet men dat de breuken nagenoeg de helft van de getelde zware ongevallen (48,2 %) en bijna een derde (30 %) van de dodelijke ongevallen uitmaken en de kneuzingen, schaafwonden en andere wonden nog meer dan twee vijfde (40 %) van de zware en 10 % van de dodelijke ongevallen. Deze twee « soorten letsels » maken samen dus vier vijfde van de zware ongevallen (88,2 %) en 40 % van de dodelijke ongevallen uit. Men noteert ook 8 aan verstikking en vergiftiging te wijten dodelijke ongevallen, d.i. 40 % van het totale aantal dodelijke ongevallen.

2. — MINES METALLIQUES, MINIERES ET CARRIERES SOUTERRAINES

Le recensement et la classification des accidents survenus dans les mines métalliques, les minières et carrières souterraines est fait par l'Administration des Mines sur les mêmes bases que pour les mines de houille. Les données du tableau 5 relatives à l'année 1972, concernent les carrières souterraines selon la définition (ardoisières, terres plastiques, marbre, tuffeau, etc.) et l'unique mine de fer du pays.

2. — METAALMIJNEN, ONDERGRONDSE GROEVEN EN GRAVERIJEN

De telling en de indeling van de ongevallen in de metaalmijnen en in de ondergrondse groeven en graverijen worden door de Administratie van het Mijnwezen op dezelfde manier verricht als die van de ongevallen in de kolenmijnen. De in tabel 5 vervatte gegevens over het jaar 1972 betreffen de ondergrondse graverijen volgens de definitie (leisteengroeven, plastische aarde, marmer, tufsteen, enz.) en de enige in het land bestaande metaalmijn.

TABLEAU n° 5

Accidents survenus dans les mines métalliques, les minières souterraines et les carrières souterraines.

TABEL 5

In de metaalmijnen, ondergrondse groeven en graverijen gebeurde ongevallen.

A. FOND — CAUSES TECHNIQUES	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale / Aantal slachtoffers met tijdelijke volledige arbeidsongeschiktheid: 1 à 3 jours / 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours / 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours / 21 tot 56 dagen	> 56 jours / > 56 dagen	Nombre total de victimes / Totaal aantal slachtoffers	permanente / blijvende arbeidsongeschiktheid: < 20 %	⩾ 20 %	Tués / Doden	A. ONDERGROND — TECHNISCHE OORZAKEN
I. Eboulements et chutes de pierres	1	4	1	—	6	—	—	1	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Moyens de transport	—	1	—	—	1	—	—	—	II. Vervoermiddelen
III. Chute et mouvement de la victime	2	2	2	—	6	—	—	—	III. Vallen en bewegen van het slachtoffer
IV. Maniement ou emploi de machines, outils, mécanismes et soutènements Total	2	10	2	—	14	—	—	—	IV. Hanteren of gebruiken van machines, gereedschap, tuigen en ondersteuningen Totaal
a) machines et mécanismes	—	3	2	—	5	—	—	—	a) machines en tuigen
b) outils	2	7	—	—	9	—	—	—	b) gereedschap
c) soutènements	—	—	—	—	—	—	—	—	c) ondersteuningen
V. Chute d'objets et manipulations diverses	1	8	2	—	11	—	—	—	V. Vallen van voorwerpen en allerhande manipulaties
VI. Explosifs	—	—	1	—	1	—	—	—	VI. Springstoffen
VII. Inflammations et explosions	—	—	—	—	—	—	—	—	VII. Ontvlammingen en ontploffingen
VIII. Anoxies, asphyxies et intoxications par gaz naturel et autres	—	—	—	—	—	—	—	—	VIII. Zuurstoftekort, verstikking en vergiftiging door natuurlijke en andere gassen
IX. Feux et incendies	—	—	—	—	—	—	—	—	IX. Vuur en branden
X. Coups d'eau	—	—	—	—	—	—	—	—	X. Waterdoorbraken
XI. Electricité	—	—	—	—	—	—	—	—	XI. Elektriciteit
XII. Autres causes	—	1	—	—	1	—	—	—	XII. Andere oorzaken
Total pour le fond	6	26	8	—	40	—	—	1	Totaal voor de ondergrond

TABLEAU n° 5 (suite)

Accidents survenus dans les mines métalliques, les minières souterraines et les carrières souterraines.

TABEL 5 (vervolg)

In de metaalmijnen, ondergrondse groeven en graverijen gebeurde ongevallen.

B. SURFACE — CAUSES TECHNIQUES	Nombre de victimes ayant subi une incapacité temporaire totale / Aantal slachtoffers met tijdelijke volledige arbeidsongeschiktheid: 1 à 3 jours / 1 tot 3 dagen	4 à 20 jours / 4 tot 20 dagen	21 à 56 jours / 21 tot 56 dagen	> 56 jours / > 56 dagen	Nombre total de victimes / Totaal aantal slachtoffers	permanente / blijvende arbeidsongeschiktheid: < 20 %	⩾ 20 %	Tués / Doden	B. BOVENGROND — TECHNISCHE OORZAKEN
I. Eboulements et chutes de pierres	1	6	2	—	9	—	—	—	I. Instortingen en vallen van stenen
II. Transports	—	3	—	—	3	—	—	—	II. Vervoermiddelen
III. Maniements ou emploi d'outils, machines et mécanismes	1	6	2	—	9	—	—	—	III. Hanteren of gebruiken van gereedschap, machines en tuigen
IV. Chutes d'objets et manipulations	1	6	—	—	7	—	—	—	IV. Vallen van voorwerpen en manipulaties
V. Chute et mouvement de la victime	2	5	2	—	9	—	—	—	V. Vallen en bewegen van het slachtoffer
VI. Inflammations, explosions, asphyxie et intoxications	—	—	—	—	—	—	—	—	VI. Ontvlammingen, ontploffingen, verstikking en vergiftiging
VII. Feux et incendies	—	—	—	—	—	—	—	—	VII. Vuur en branden
VIII. Explosifs	—	—	—	—	—	—	—	—	VIII. Springstoffen
IX. Electricité	—	1	—	—	1	—	—	—	IX. Elektriciteit
X. Autres causes	1	1	—	1	3	—	—	—	X. Andere oorzaken
Total pour la surface	6	28	6	1	41	—	—	—	Totaal voor de bovengrond
Total fond + surface	12	54	14	1	81	—	—	1	Totaal onder- en bovengrond
C. ACCIDENTS SUR LE CHEMIN DU TRAVAIL	—	1	—	—	1	—	—	—	C. ONGEVALLEN OP DE WEG NAAR EN VAN HET WERK

Ces établissements n'ont occupé ensemble en 1972 que 231 ouvriers, dont 116 au fond et 115 à la surface. On observe une diminution des effectifs de près de 26 % par rapport à l'année précédente.

Un accident mortel a été recensé en 1972. Le nombre total d'accidents chômants a été de 81, contre 72 en 1971. Dans ces entreprises on n'a plus enregistré en 1972 aucun accident ayant entraîné une incapacité permanente.

Le maniement ou emploi de machines, outils, mécanismes et soutènements a entraîné le plus grand nombre d'accidents (23) ; viennent ensuite les chutes d'objets et manipulations (18). Les éboulements et chutes de pierres occupent la troisième place avec 15 accidents, de même que la chute de la victime : 15 accidents en 1972.

Al deze inrichtingen samen hebben in 1972 slechts 231 arbeiders te werk gesteld, 116 in de ondergrond en 115 op de bovengrond. Men ziet dat het aantal te werk gestelde arbeiders tegenover verleden jaar met 26 % verminderd is.

Eén dodelijk ongeval werd in 1972 opgetekend. Het totaal aantal ongevallen met arbeidsverzuim beliep 81 tegenover 72 in 1971. In drie ondernemingen werd in 1972 geen enkel ongeval met blijvende arbeidsongeschiktheid meer opgetekend.

Het hanteren of het gebruik van machines, gereedschappen, tuigen en ondersteuningen heeft het merendeel van de ongevallen veroorzaakt (23) ; daarna komen het vallen van voorwerpen en de manipulaties (18). Op de derde plaats komen de instortingen en het vallen van stenen, met 15 ongevallen, evenals het vallen van het slachtoffer : 15 ongevallen in 1972.

3. — MINIERES ET CARRIERES A CIEL OUVERT

Jusqu'à présent, seuls les accidents mortels survenus dans les minières et carrières à ciel ouvert font l'objet d'une statistique. Elle comporte les mêmes rubriques principales que celle des accidents survenus dans les mines, ainsi qu'il résulte du tableau n° 6 A.

Le nombre d'accidents mortels en 1972 y est de 8, alors qu'il était de 5 en 1971. Les morts par accidents de transport restent important avec trois des huit victimes. Il y a en outre trois accidents mortels par chute de la victime, une électrocution fatale et un mort par éboulement.

3. — GROEVEN EN GRAVERIJEN IN OPEN LUCHT

Tot dusver wordt alleen de statistiek van de dodelijke ongevallen in de groeven en de graverijen in open lucht opgemaakt. De hoofdrubrieken zijn dezelfde als voor de ongevallen in de mijnen, zoals uit tabel 6 A blijkt.

Het aantal dodelijke ongevallen in 1972 beloopt 8 terwijl dit in 1971 slechts 5 beliep. Het aantal doden door vervoersongevallen blijft groot : drie slachtoffers op de acht. Bovendien kwamen er drie dodelijke ongevallen voor door het vallen van het slachtoffer, één door een fatale elektrokutie en één door een instorting.

TABLEAU n° 6 A

Accidents mortels dans les minières et carrières à ciel ouvert.

1972

TABEL 6 A

Dodelijke ongevallen in de graverijen en groeven in open lucht

1972

Catégories d'accidents	Royaume / Het Rijk Nombre de tués / Aantal doden	Kategorieën van ongevallen
1. Eboulements, chutes de pierres ou de blocs	1	1. Instortingen, vallen van stenen en blokken
2. Transport	3	2. Vervoer
3. Emploi d'outils, machines et mécanismes	—	3. Gebruik van werktuigen, machines, enz.
4. Manipulations et chutes d'objets	—	4. Manipulaties, vallen van voorwerpen
5. Chute de la victime	3	5. Vallen van het slachtoffer
6. Asphyxies et intoxications	—	6. Verstikking en vergiftiging
7. Explosions, incendies, feux	—	7. Ontploffingen, brand, vuur
8. Emploi des explosifs	—	8. Gebruik van springstoffen
9. Electrocution	1	9. Elektrokutie
10. Divers	—	10. Allerlei
Total	8	Totaal

4. — USINES - INDUSTRIE SIDERURGIQUE

Dans les établissements surveillés par l'Administration des Mines autres que les mines, les

4. — FABRIEKEN - STAALNIJVERHEID

In de andere inrichtingen die onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen staan —

minières et les carrières, avec leurs dépendances, c'est-à-dire pour l'essentiel les usines sidérurgiques, avec leurs cokeries, mais aussi les cimenteries, les cokeries indépendantes et les fabriques d'agglomérés indépendantes, la statistique des accidents est longtemps restée limitée aux accidents mortels.

Ces dernières années une statistique plus détaillée des accidents de la sidérurgie a pu être établie, mais elle n'a toujours pas pu être étendue aux autres usines.

Le tableau n° 6 B concerne les accidents mortels survenus dans l'ensemble des usines, sidérurgiques et autres, de chaque division minière et du Royaume. Le nombre d'accidents mortels instruits par les ingénieurs des mines en 1972 dans ces établissements a été de 24. Il a sensiblement dimi-

andere dan mijnen, groeven en graverijen en hun aanhorigheden — en dat zijn hoofdzakelijk de siderurgiebedrijven met hun cokesfabrieken, maar ook de cementfabrieken en de zelfstandige cokes- en agglomeratenfabrieken, is de statistiek van de ongevallen jarenlang tot de dodelijke ongevallen beperkt gebleven.

De jongste jaren is men ertoe gekomen een uitvoeriger statistiek van de ongevallen in de staalindustrie op te maken, maar tot dusver heeft men ze nog niet tot de andere fabrieken kunnen uitbreiden.

Tabel 6B heeft betrekking op de dodelijke ongevallen in alle fabrieken samen — die van de staalindustrie en de andere — van iedere mijnafdeling en van het Rijk. Het aantal dodelijke ongevallen waarvoor de mijningenieurs in 1972 in deze inrichtingen een onderzoek ingesteld hebben

TABLEAU n° 6 B.

Accidents mortels survenus dans les usines surveillées par l'Administration des Mines en 1972.

TABEL 6 B.

Dodelijke ongevallen in de onder het toezicht van het Mijnwezen geplaatste fabrieken in 1972.

CATEGORIES D'ACCIDENT	N°	Nombre d'accidents mortels (1) / Aantal dodelijke ongevallen (1) — par divisions minières / per mijnafdeling: Hainaut Henegouwen	Liège Luik	Campine Kempen	ROYAUME HET RIJK	Nr	KATEGORIEEN VAN ONGEVALLEN
Accidents occasionnés directement par les opérations de fabrication	010	5	2	—	7	010	Rechtstreeks door de fabricageverrichtingen veroorzaakte ongevallen
Transport :	020					020	Vervoer :
— Horizontal par véhicules sur roues		5	1 (2)	—	6		— Horizontaal met voertuigen op wielen
— Sur plans inclinés ou vertical par véhicules guidés ou sur roues		—	1 (2)	—	1		— Op hellende vlakken of verticaal met geleide voertuigen of met voertuigen op wielen
— Autres (ponts-roulants, grues, scrapers, convoyeurs, etc...)		—	1 (2)	—	1		— Ander (rolbruggen, kranen, scrapers, transportbanden enz...)
Maniement ou emploi d'outils, machines et mécanismes	030	—	—	1	1	030	Hanteren of gebruik van gereedschap, machines of tuigen
Manipulations, chutes d'objets et éboulements	040	—	1	—	1	040	Manipulatie, vallen van voorwerpen en instortingen
Chute de la victime	050	1	—	—	1	050	Vallen van het slachtoffer
Asphyxies et intoxications (sauf par fumées d'incendie - voir 070)	060	—	1	—	1	060	Verstikking en vergifting (behalve door de rook van brand - zie 070)
Explosions, incendies, feux	070	1	—	—	1	070	Ontploffingen, brand, vuur
Emploi des explosifs	080	—	—	—	—	080	Gebruik van springstoffen
Electrocution	090	1	—	1	2	090	Elektrokutie
Divers	100	1	—	1	2	100	Allerlei
TOTAL		14	7 (2)	3	24		TOTAAL

(1) Décès endéans les 56 jours de la date de l'accident.

(2) Dont chaque fois un accident survenu dans l'enceinte des entreprises surveillées par l'Administration des Mines au personnel d'entrepreneurs étrangers à ces entreprises, mais y exécutant divers travaux de construction, de démolition ou de réparation, ou à d'autres personnes étrangères à ces entreprises (visiteurs, stagiaires, etc.).

(1) Overleden binnen 56 dagen na de dag van het ongeval.

(2) Waaronder telkens 1 ongeval op het terrein van de door het Mijnwezen geïnspecteerde inrichtingen overkomen aan het personeel van aannemers die in deze inrichtingen bouw-, afbraak-, herstellings- en andere werken uitvoerden of aan andere niet tot het bedrijf behorende personen (bezoekers, stagiairs, enz.).

nué dans le Hainaut (— 5) et augmenté d'une unité à Liège.

L'analyse plus détaillée de la sécurité du travail dans l'industrie sidérurgique se fonde sur l'exploitation des rapports annuels des chefs de service de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail des entreprises sidérurgiques.

Les tableaux statistiques dressés à partir de ces sources ne contiennent pas de données détaillées relatives aux accidents de travail de gravité moyenne.

Les rapports des services de sécurité des usines ont permit de dresser le tableau n° 7, qui donne le nombre total d'accidents chômants survenus dans l'industrie sidérurgique en 1972.

Les accidents sont classés suivant leurs causes matérielles, telles qu'elles sont énumérées à l'arti-

beloopt 24. In Henegouwen is het sterk afgenomen (— 5) en te Luik is er één bijgekomen.

De uitvoeriger ontleding van de arbeidsveiligheid in de staalindustrie steunt op de jaarverslagen van de hoofden van de diensten voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen van de staalbedrijven.

De aan de hand van deze bronnen opgemaakte statistische tabellen bevatten geen gedetailleerde gegevens over de halfzware ongevallen.

De verslagen van de veiligheidsdiensten van de fabrieken hebben de gegevens voor tabel 7 verschaft, waarin het totaal aantal in 1972 in de staalindustrie gebeurde ongevallen met arbeidsverzuim aangeduid is.

De ongevallen worden naar hun materiële oorzaken ingedeeld, zoals deze in artikel 835 octies

TABLEAU 7. — *Accidents survenus en 1972 dans les établissements de l'industrie sidérurgique*

TABEL 7. — *In 1972 in de ijzer- en staalbedrijven gebeurde ongevallen*

1972

CAUSES	Nombre de victimes / Aantal slachtoffers	Nombre de victimes ayant subi une incapacité / Aantal slachtoffers met: temporaire totale / volledige tijdelijke ongeschiktheid	permanente / blijvende ongeschiktheid	Tués / Doden	OORZAKEN
— Machines	724	651	71	2	— Machines
— Machines motrices ou génératrices et pompes	79	75	4	—	— Aandrijfmachines, generatoren en pompen
— Ascenseurs et monte-charges	16	15	1	—	— Personen- en goederenliften
— Appareils de levage	633	571	62	—	— Heftoestellen
— Transporteurs (courroie, chaînes à godets etc...)	117	107	10	—	— Transporteurs (banden, emmerladders, enz.)
— Chaudières et autres récipients soumis à pression	15	15	—	—	— Stoomketels en andere vaten onder druk
— Véhicules	501	458	36	7(*)	— Voertuigen
— Animaux	1	1	—	—	— Dieren
— Appareils de transmission d'énergie mécanique	56	51	4	1	— Transmissies van mechanische energie
— Appareillage électrique	88	83	3	2	— Elektrische apparatuur
— Outils à main	1 293	1 213	78	—	— Handgereedschap
— Substances chimiques	249	245	3	1	— Chemische stoffen
— Substances brûlantes ou très inflammables	848	814	29	5	— Brandende of licht ontvlambare stoffen
— Poussières	1 029	1 028	1	—	— Stof
— Radiations et substances radioactives	53	53	—	—	— Stralingen en radioactieve stoffen
— Surfaces de travail qui ne sont pas classées sous d'autres rubriques	2 183	2 054	127	2	— Niet onder een andere rubriek ingedeelde werkvlakken
— Agents matériels divers	2 230	2 112	116	2(**)	— Verscheidene materiële agentia
— Agents non classés faute de données suffisantes	1 733	1 652	79	2	— Wegens onvoldoende gegevens niet ingedeelde agentia
Total	11 848	11 200	624	24	**Totaal**

(*) Dont 3 accidents survenus dans les entreprises surveillées par l'Administration des Mines au personnel travaillant pour compte d'entreprises particulières ou à des personnes étrangères à l'entreprise.

(**) Dont un accident survenu à la division construction métallique de la S.A. Cockerill.

(*) Waarvan drie ongevallen zich in onder het toezicht van de Administratie van het Mijnwezen staande ondernemingen hebben voorgedaan aan personeelsleden die er voor rekening van particuliere ondernemingen arbeidden of aan buitenstaanders.

(**) Waarvan zich één ongeval voordeed in de afdeling metaalconstructie van de « S.A. Cockerill ».

cle 835 octies du Règlement général pour la Protection du Travail.

Comme les années précédentes on constatera que les nombres les plus élevés se trouvent toujours sous les rubriques « divers » des trois dernières lignes du tableau, qui totalisent encore 6 146 accidents chômants sur un total de 11 848, soit 51,9 %, et même 25 % des accidents mortels, qui pourtant donnent lieu à une enquête approfondie. Sans doute la classification imposée était-elle peu adéquate. L'arrêté modificatif proposé par le Conseil supérieur de sécurité, d'hygiène et d'embellissement des lieux de travail n'est pas encore entré en vigueur en 1972.

Parmi les causes définies, les accidents provoqués par le maniement d'outils à main sont les plus nombreux (1 293) et augmentent en nombre, les poussières et les substances brûlantes ou très inflammables ont fait respectivement 1 029 et 848 victimes, les machines (724) et les appareils de levage (633) tous deux en nette diminution, ces trois causes groupant 79,4 % des accidents dont la cause a été déterminée.

Les relevés des années précédentes avaient déjà permis de dégager l'importance relative de ces causes.

Il faut cependant souligner que les deux premières des causes citées ci-dessus ne sont généralement pas à l'origine d'accidents graves. En revanche les trois autres (substances brûlantes, machines, appareils de levage) ont été en 1972 à l'origine de 7 des 24 accidents mortels signalés. Sept décès résultent en outre d'accidents causés par les « véhicules ». Par contre, sur 624 accidents ayant entraîné une incapacité permanente, 71 sont dus aux machines, 62 aux appareils de levage et 78 aux outils à mains. La cause de plus de la moitié des accidents à incapacité permanente n'a pas été précisée (322 sur 624).

Les travaux effectués par le Comité de la Sidérurgie belge permettent de calculer les taux de fréquence et de gravité des accidents survenus dans les usines sidérurgiques. Les résultats sont consignés dans le tableau n° 8.

Ce tableau reprend les usines sidérurgiques affiliées au Comité de la sidérurgie belge; il concerne au total 55 783 salariés et 10 595 employés sur un total de 60 661 salariés et 11 546 employés occupés dans les établissements de l'industrie sidérurgique belge surveillés par l'Administration des mines en 1972.

Le taux de fréquence et le taux de gravité sont calculés de la même façon que pour les mines. Pour le calcul du taux de gravité, le nombre de jours effectifs ou conventionnels de chômage pour les cas de mort et d'incapacité permanente ou temporaire est établi de la même manière que

van het Algemeen reglement voor de arbeidsbescherming vermeld zijn.

Zoals de vorige jaren treft men nog altijd de hoogste cijfers aan in de rubrieken « allerlei » van de drie laatste regels van de tabel die samen nog 6 146 ongevallen met arbeidsverzuim tellen op een totaal van 11.848 d.i. 51,9 % en zelfs 25 % van de dodelijke ongevallen, waarvoor nochtans een grondig onderzoek ingesteld wordt. Wellicht was de opgelegde indeling niet goed gekozen. Het door de Hoge Raad voor veiligheid, gezondheid en verfraaiing der werkplaatsen voorgesteld besluit tot wijziging van die indeling is in 1972 nog niet in werking getreden.

Onder de bepaalde oorzaken heeft het hanteren van handgereedschap het grootste aantal ongevallen veroorzaakt (1 293), wat meer is dan het jaar tevoren; het stof en de brandende of licht ontvlambare stoffen hebben respectievelijk 1 029 en 848 slachtoffers gemaakt, de machines 724 en de heftoestellen 633, beiden aanzienlijk gedaald; deze drie oorzaken hebben betrekking op 79,4 % van de ongevallen met een bepaalde oorzaak.

In de tabellen van de vorige jaren was de betrekkelijke belangrijkheid van deze oorzaken al opgevallen.

Toch dient aangestipt dat de twee eerstgenoemde oorzaken over 't algemeen geen zware ongevallen uitlokken. De drie andere oorzaken daarentegen (brandende stoffen, machines, heftoestellen) hebben, in 1972, 7 van de 24 dodelijke ongevallen veroorzaakt. Bovendien zijn zeven personen verongelukt met « voertuigen ». Van de 624 die een blijvende werkongeschiktheid veroorzaakt hebben, zijn er daarentegen 71 te wijten aan machines, 62 aan de heftoestellen en 78 aan handgereedschap. Van meer dan de helft van de ongevallen met een blijvende werkongeschiktheid is de oorzaak niet nader bepaald (322 op 624).

De werkzaamheden van het Comité van de Belgische siderurgie leveren de nodige gegevens voor de berekening van de veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet van de in de staalindustrie gebeurde ongevallen. De uitslagen staan in tabel 8.

Deze tabel slaat op de staalbedrijven die bij het Comité van de Belgische Siderurgie aangesloten zijn; deze ondernemingen stellen 55 783 arbeiders en 10 595 bedienden te werk op een totaal van 60 661 arbeiders en 11 546 bedienden in al de ondernemingen van de Belgische staalindustrie die in 1972 onder het toezicht an het Mijnwezen geplaatst waren.

De veelvuldigheidsvoet en de ernstvoet worden op dezelfde manier berekend als voor de mijnen. Bij de berekening van de ernstvoet wordt het aantal daadwerkelijk of konventioneel verloren dagen voor ieder dodelijk ongeval of voor ieder ongeval met blijvende of tijdelijke volledige ongeschikt-

pour les mines minières et carrières souterraines (7 500 pour la mort ou l'incapacité permanente totale à 100 %).

Le tableau n° 8 montre que le taux de fréquence, c'est-à-dire le nombre d'accidents chômants par million d'heures d'exposition au risque s'est sensiblement aggravé en 1972, en passant de 90,6 à 103,1.

heid op dezelfde wijze vastgesteld als voor de mijnen, de graverijen en de ondergrondse groeven (7 500 voor een dode of een volledige blijvende werkongeschiktheid van 100 %).

Uit tabel 8 blijkt dat de veelvuldigheidsvoet, d.i. het aantal ongevallen met arbeidsverzuim per miljoen uren blootstelling aan het risico, aanzienlijk gestegen is in 1972 en van 90,6 tot 103,1 opgelopen is.

TABLEAU n° 8

Taux de fréquence et de gravité des accidents survenus dans l'industrie sidérurgique belge en 1972 et nombre moyen de journées chômées par accident.

TABEL 8

Veelvuldigheidsvoet en ernstvoet van de in 1972 in de Belgische staalnijverheid gebeurde ongevallen en gemiddeld aantal verletdagen per ongeval.

		Usines sidérurgiques / IJzer- en staalfabrieken	
		Salariés / Werklieden	Employés / Bedienden
Nombre d'inscrits au 31.12.72	Aantal ingeschreven op 31.12.72	55 783	10 595
Nombre total d'heures prestées N	Totaal aantal gewerkte arbeidsuren N	103 085 093	19 865 625
Nombre d'accidents mortels	Aantal dodelijke ongevallen	14	2
Nombre d'accidents chômants (y compris les cas de mort et d'incapacité permanente) : A	Aantal ongevallen met arbeidsverzuim (dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid inbegrepen) : A	10 637	169
Taux de fréquence : $T_f = \frac{A \times 10^6}{N}$	Veelvuldigheidsvoet	**103,1**	**8,5**
Rappel de 1971 : T_f	Idem voor 1971 : T_f	90,6	6,7
Nombre de jours d'incapacité temporaire totale (à l'exclusion des cas de mort et des incapacités permanentes) : J	Aantal dagen met volledige tijdelijke ongeschiktheid (met uitsluiting van dodelijke ongevallen en van de ongevallen met blijvende ongeschiktheid) : J	144 197	3 276
Nombre de jours conventionnels de chômage pour les cas de mort et d'incapacité permanente $J' = (M + \frac{P}{100}) \times 7.500$	Overeengekomen aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen en ongevallen met blijvende ongeschiktheid	396 189	24 000
TOTAL	TOTAAL	540 386	27 276
Taux de gravité : T_g	Ernstvoet : T_g		
— sans J'	— J' niet inbegrepen	**1,4**	**0,2**
rappel de 1971	idem voor 1971	1,4	0,1
— avec J'	— J' inbegrepen	**5,2**	**1,4**
rappel de 1971	idem voor 1971	5,2	0,9
Nombre moyen de journées chômées par accident	Gemiddeld aantal verletdagen per ongeval		
— sans J'	— J' niet inbegrepen	**13,5**	**19,3**
rappel de 1971	idem voor 1971	15,5	20,3
— avec J'	— J' inbegrepen	**50,8**	**161,3**
rappel de 1971	idem voor 1971	57,4	128,2

Le taux de gravité (1) calculé au tableau n° 8 est de 5,2 en 1972 et n'a pas varié par rapport à l'année précédente (5,2 en 1971).

Enfin, ces éléments permettent d'établir le nombre moyen de journées chômées par accident du travail, parfois appelé « taux de risque ». Si l'on tient compte des nombres de journées attribués forfaitairement aux accidents mortels ou générateurs d'incapacités permanentes, on obtient 50,8 journées chômées par accident dans les usines sidérurgiques.

5. — FABRIQUES D'EXPLOSIFS

Il y a eu dans les 11 fabriques d'explosifs, les 7 manufactures de pyrotechnie et les 6 dépôts de vente d'explosifs, qui occupaient en 1972, 1 934 ouvriers et 160 employés, 105 accidents chômants contre 261 en 1971, soit une diminution importante du nombre d'accidents de 60 %.

Le taux de gravité s'est amélioré, car aucun des accidents de 1972 n'a été mortel ni n'a entraîné d'incapacité permanente.

(1) Nombre de journées chômées des suites d'accidents par 1.000 heures d'exposition au risque, y compris les journées chômées conventionnellement attribuées aux accidents mortels (7.500) ou aux accidents entraînant une incapacité permanente de travail (7.500 pour 100 % d'invalidité).

De ernstvoet (1), die in tabel 8 aangeduid is, beloopt 5,2 in 1972 en bleef tegenover het vorige jaar ongewijzigd (5,2 in 1971).

Aan de hand van deze cijfers kan ten slotte het gemiddeld aantal verletdagen per arbeidsongeval, soms « risicovoet » genoemd, berekend worden. Als men de dagen die aan de dodelijke ongevallen en aan die met blijvende ongeschiktheid worden toegekend meerekent, bekomt men 50,8 verletdagen per ongeval in de ijzer- en staalfabrieken.

5. — SPRINGSTOFFENFABRIEKEN

In de 11 springstoffenfabrieken, de 7 vuurwerkmakerijen en de 6 verkoopdepots van springstoffen waar in 1972, 1 934 arbeiders en 160 bedienden tewerk gesteld waren, zijn 105 ongevallen met arbeidsverzuim gebeurd tegenover 261 in 1971, dus een aanzienlijke verlaging met 60 % van het aantal ongevallen.

De ernstvoet is ook verbeterd daar in 1972 geen enkel ongeval een dodelijke afloop heeft gehad en evenmin een blijvende arbeidsongeschiktheid heeft veroorzaakt.

(1) Aantal dagen met arbeidsverzuim ingevolge ongevallen per 1.000 uren blootstelling aan het risico, met inbegrip van het konventioneel aantal verloren dagen wegens dodelijke ongevallen (7.500) of wegens ongevallen die een blijvende arbeidsongeschiktheid veroorzaakt hebben (7.500 voor 100 % invaliditeit).

REVUE DE LA LITTERATURE TECHNIQUE

Sélection des fiches d'INIEX

INIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives a l'industrie charbonnière et qui sont adressées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines de Belgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

a) *Constituer une documentation de fiches classées par objet,* à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il importe que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus disponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

b) *Apporter régulièrement des informations groupées par objet,* donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE. GISEMENT. PROSPECTION. SONDAGES.

IND. **A 30** Fiche n° **60.638**

W. TEGTMEIER. Lagerstättenberechnung mittels EDV als Vorstufe einer Abbauplanung. *Calcul de gisement à l'aide d'un ordinateur comme stade préliminaire d'un projet d'abattage.* — **Erzmetall,** 1972, octobre, p. 481/486, 4 fig.

A l'aide d'un programme de calcul, on a traité de nombreuses données qui ont été recueillies pendant l'exploration géologique et métallurgique du gisement de fer de « Bong Range » au Libéria. Les résultats étaient des listes avec les réserves géologiques de minerai et les quantités de minerai ainsi que de déblais exploités à ciel ouvert, répartis d'après les types de minerai. En outre, l'ordinateur peut combiner des quantités partielles quelconques pour le calcul de projets d'abattage à court, moyen ou long terme.

Résumé de la revue.

IND. **A 30** Fiche n° **60.639**

U. KLINGE. Möglichkeiten und Grenzen für die Anwendung der Datenverarbeitung bei der Lagerstättenbewertung und Bergbauplanung. *Possibilités et limites de l'application du traitement électronique des données pour l'évaluation des gisements et la planification d'exploitation minière.* — **Erzmetall,** 1972, octobre, p. 486/489, 1 fig.

Le travail de prospection et d'exploration fournit un grand nombre de données géotechniques. A l'aide du traitement électronique, on arrive d'une manière rationnelle à des résultats qui aident à prendre les décisions. Les programmes les plus importants sont traités en détail, à savoir

les possibilités de calculer la teneur et le contenu de dépôts métalliques et la réalisation d'une étude préliminaire pour la conception minière.

Résumé de la revue.

IND. **A 354** Fiche n° **61.615**

W. NIEDERMUELLER. Erschliessen von Eisenerzvorkommen in Uebersee. *Reconnaissances de gisements de minerais de fer d'outre-mer.* — **Glückauf,** n° 12, 1973, p. 628/634, 5 fig., 5 tabl.

La demande croissante en matières premières minérales a entraîné, depuis le début des années 50, des travaux de prospections à l'échelle mondiale. Les travaux exigent la mise en œuvre de moyens importants, tant en main-d'œuvre qu'en capitaux. Les méthodes de prospections géologiques et géophysiques se sont rapidement modernisées. La reconnaissance et la mise en activité de nouvelles mines de fer d'outre-mer soulèvent une série de problèmes que l'auteur aborde par le biais de trois exemples qui présentent des points de vue différents. Le premier exemple concerne une mine du Libéria, pays en voie de développement, ne disposant pas d'infrastructure. La seconde mine se situe au Brésil, pays dont le développement industriel est déjà bien avancé, encore qu'il varie fortement d'une région à l'autre. Enfin, le troisième exemple se rapporte à une exploitation australienne, pays fortement développé, mais dont la région en question manque d'infrastructure. L'auteur a mis l'accent sur les points suivants : - délai écoulé entre la découverte du gisement et le début de sa mise en exploitation; - ampleur et répartition des investissements en insistant sur les investissements en matière d'infrastructure; - la constitution du personnel (conditionnée par l'état de développement de la population); - l'approvisionnement de l'exploitation (ampleur des importations). Il semble que le succès des entreprises dépende non seulement des mesures prises en matière financière, technique et d'organisation, mais aussi de problèmes psychologiques (collaborateurs choisis, mentalité du pays, etc.).

Biblio. : 22 réf.

B. ACCES AU GISEMENT. METHODES D'EXPLOITATION.

IND. **B 40** Fiche n° **60.676**

J.L. GALLIMORE et L. ADLER. The need of a new mining system. *Le besoin d'une nouvelle méthode d'exploitation.* — **Mining Congress Journal,** 1972, septembre, p. 24/29, 7 fig.

Aux Etats-Unis les conditions d'exploitation du charbon tendent à se modifier pour se rapprocher de celles que nous connaissons en Europe. Jusqu'il y a peu d'années d'ici, la méthode d'exploitation presque exclusivement employée était celle des chambres et piliers, mais de plus en plus, on tend à recourir aux longues tailles, comme en Europe. L'article décrit dans ses grandes lignes la méthode des chambres et piliers dans ses deux phases : la phase préparatoire ou de développement, consistant essentiellement en creusement de traçages, puis la phase de rabattement et dépilage dans laquelle les mineurs continus sont d'emploi courant, avec chargement par navettes. Les inconvénients du système sont soulignés. La méthode des longues tailles est ensuite exposée dans sa phase de développement ou de traçage puis dans celle de rabattement. Elle a aussi ses inconvénients, qui sont indiqués. Les auteurs de l'article préconisent une méthode combinée qui utiliserait l'équipement des longues tailles et la reprise des chaînes de piliers en bordure par mineurs continus.

Biblio. : 16 réf.

IND. **B 4112** Fiche n° **61.598**

P.G. WEEKES et T.L. CARR. Meeting the challenge through longwall retreating. *Relever le défi grâce à l'exploitation par longues tailles rabattantes.* — **The Mining Engineer,** 1973, juin, p. 461/475, 7 fig.

Les principales objections que l'on oppose à l'exploitation par longues tailles rabattantes sont le temps d'exécution et le coût des travaux préparatoires. Elles semblent avoir perdu beaucoup de leur force. L'article analyse les résultats fournis par des tailles avançantes et rabattantes et les compare. Des diagrammes montrent les productions évaluées en livres sterling par unité de temps (semaine) pour différentes tailles de chaques espèce, dans le même charbonnage et la même couche, et ce pour quatre charbonnages différents. On montre aussi des prix de revient de creusement de voies de traçage. Ces résultats sont commentés au point de vue économique, équipement mécanique et accroissement du rendement. Le point de vue de la sécurité est également envisagé. Un point très important dans l'exploitation rabattante est l'organisation du creusement des voies et de leur emploi : configuration, position, choix des machines et équipement de creusement etc. On étudie enfin diverses méthodes d'exploitation rabattante et on commente leurs possibilités. L'emploi de puissantes machines et la concentration de la production entraînent des conséquences sur les problèmes de l'environnement qui sont examinés. Une discussion fait suite à l'article.

Biblio. : 6 réf.

IND. **B 510** Fiche n° **61.599**

I.H. REISS. Strip mine reclamation-challenges, planning and concepts. *La restauration de l'environnement*

dans l'exploitation à ciel ouvert. — **Mining Congress Journal**, 1973, avril, p. 41/45, 5 fig.

Les problèmes de la restauration des terres abandonnées par l'exploitation à ciel ouvert se répartissent en trois catégories : économique, sociologique et esthétique. Suivant les circonstances et les conditions locales, on devra viser à rétablir, soit l'exploitation agricole et fermière, soit l'élevage des ruminants, soit le reboisement. L'article cite de nombreux exemples pris dans les territoires miniers des Etats-Unis et fournit des indications sur l'organisation des restaurations effectuées.

IND. **B 511** Fiche n° **61.604**

N.P. CHIRONIS. New surface-mining methods simplify reclaiming of spoils. *De nouvelles méthodes d'exploitation à ciel ouvert simplifient la remise en place des stériles.* — **Coal Age**, 1973, avril, p. 80/84, 15 fig.

La mise en place des stériles dans l'exploitation à ciel ouvert est facilitée par un engin différent du bull-dozer et consistant en un soc de 12 m de long monté sur un tracteur et attaquant le tas à un angle de 40° en faisant rouler les débris de côté au lieu de les pousser devant. Dans l'exploitation d'une couche de charbon située en dessous d'une épaisseur de morts-terrains constituant le découvert, il est désirable de pratiquer l'enlèvement et la remise en place de celui-ci en même temps et avec la même machine que celle qui attaque et décharge le charbon. Certaines excavatrices à roue à godet réalisent ces opérations. L'article expose cette méthode d'exploitation, en décrit les opérations avec schémas explicatifs dans un cas d'application. On peut effectuer l'enlèvement sélectif de plusieurs couches de morts-terrains à partir de la surface, le dépôt également sélectif de chacune de ces couches sur différents tas, et enfin extraire le charbon et l'élever au niveau de chargement au-dessus et devant le front d'attaque.

IND. **B 512** Fiche n° **60.668**

W. KELLERMAYER. Tagebaugeräte. Betrachtungen der Grössenentwicklung. *Appareils d'exploitation à ciel ouvert - Considérations sur le développement des dimensions.* — **Fördern und Heben**, 1972, octobre, p. 787/793, 3 fig.

Vers la fin du 19e siècle, des excavateurs à godets d'une capacité d'abattage de 1000 t/jour étaient utilisés. En 1933 fut introduite sur le marché la première excavatrice à roue-pelle, d'une capacité d'environ 20.000 t/jour. Aujourd'hui, on discute déjà de capacités de 300.000 t/jour et plus. Mais ce développement ne peut se poursuivre à l'infini. L'auteur énumère les critères techniques ne devant pas être négligés lors du choix de tels appareils et conclut que les dimensions des moyens d'exploitation sont, du point de vue économique, limitées tant vers le haut que vers le bas. Les résultats et conclusions peuvent, du moins en partie, être appliqués à d'autres branches industrielles.

Résumé de la revue.

Biblio.: 64 réf.

IND. **B 512** Fiche n° **61.710**

X. Double first for NSM Construction at Acrefair open cast coal site. *Mention à l'exploitation de charbon à ciel ouvert d'Acrefair de la NSM Construction.* — **Mine and Quarry**, 1973, juin, p. 6 et 10, 3 fig.

L'exploitation de charbon à ciel ouvert d'Acrefair au nord du Pays de Galles appartient à la NSM Construction Ltd. Elle couvre près d'un kilomètre carré et contient environ 2 Mt de charbon de 12 couches et 5 Mt d'argile réfractaire. On estime la durée d'exploitation à 10 ans. Le découvert à enlever est de 30 millions de mètres cubes avec des hauteurs de 30 à 100 m d'argile glaciaire à blocaux qui pèsent jusqu'à 15 tonnes. Le matériel le plus puissant et le plus moderne est acquis à cette exploitation : excavateurs hydrauliques, pelles de 6,5 m³, camions de 50 t. L'organisation est conçue pour donner au matériel et au personnel un haut pourcentage d'efficacité au cours d'une journée de 12 heures, dont 1 heure d'arrêt au lunch.

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS. SOUTENEMENT.

IND. **D 221** Fiche n° **61.680**

J.P. DEJEAN et F. MARTIN. Amplitude de l'affaissement des ouvrages miniers soumis à l'influence d'une exploitation sous-jacente. — **Industrie Minérale, Mines**, n° 2, 1973, p. 113/119, 11 fig.

L'évaluation du rayon critique et de l'affaissement maximum ne sont que très rarement déterminables par des mesures in situ. Il faut généralement faire des hypothèses de schématisation des terrains. Il est possible de transposer les résultats connus en surface sur l'ouvrage souterrain en admettant que l'affaissement est le même que si l'ouvrage était en surface, la profondeur de l'exploitation étant égale à la distance verticale sous l'ouvrage ou encore admettre que l'ensemble des terrains sus-jacents est une masse élastique.

Dans les 2 cas, la forme des profils et l'affaissement maximum sont comparables mais le rayon critique est très différent. Les résultats expérimentaux d'après les mesures in situ faites dans 10 chantiers du Bassin du Nord montrent que les résultats sont intermédiaires entre ceux obtenus par les 2 méthodes. En fonction de ce résultat,

l'affaissement de ce type d'ouvrage peut être prévu à 20 % près au-dessus des zones exploitées, alors que l'application directe des résultats connus de surface pourrait conduire à une erreur de 200 %.

Biblio : 7 réf.

Résumé de la revue.

IND. **D 35** Fiche n° **61.679**

P. AURIOL, J. LUX et Coll. Essais de consolidation des terrains par injection aux Charbonnages de France. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 106/112, 2 tabl.

Les travaux sur la consolidation par injection n'ont commencé qu'il y a 2 ans dans la Loire et en Lorraine. Les échecs des premiers essais ont instruit des conditions à remplir par les produits injectés soit : être visqueux (pour injection à basse pression), d'un pouvoir mouillant et collant élevé vis-à-vis des schistes et du charbon, durcir vite et avoir une résistance à la compression et à la traction suffisante. Ces qualités sont assez bien obtenues avec les résines « Rocagil » fournies par la Société Rhône-Progil; mélangées avec un catalyseur acide, elles réalisent un durcissement en quelques heures. Si l'injection n'est pas au charbon, il faut que le stérile ne soit pas basique, sinon la polymérisation, qui conduit au durcissement, peut être gênée.

Dans la Loire, en traçage, le procédé a permis un gain d'avancement journalier de 60 %, de rendement de 25 % et de 20 % sur le prix de revient. Des précautions sont à prendre pour l'aérage du chantier à cause du dégagement de formol qui se produit. La Lorraine a essayé un produit allemand, mélange de 2 résines: « Baygal et Baymidur » à base de polyréthane, livré en cartouches à 2 compartiments séparés. Après introduction dans le trou, la cartouche est broyée par une broche en bois. Des résultats intéressants ont été obtenus avec ce produit en montages et dans les tailles en plateure ou en dressant.

Résumé de la revue.

IND. **D 40** Fiche n° **61.596**

B.N. WHITTAKER. Strata control developments on the European Continent. *Progrès en méthodes de soutènement sur le continent européen.* — **The Mining Engineer,** 1973, juin, p. 435/443, 3 fig.

L'auteur présente une série d'observations qu'il a faites au cours d'une visite aux pays miniers de l'Europe Continentale. Les principaux sujets traités sont les suivants : Etudes effectuées en France sur le contrôle des terrains, modes de soutènement, adoption de la section rectangulaire en galeries, progrès dans le boulonnage du toit. Etudes en Belgique sur le même sujet (système Moll). En Allemagne Occidentale : résultats d'exploitation, progrès réalisés dans le soutènement des voies, exploitation sans pierres avec voies carrées et emploi d'anhydrite dans les remblais. Application d'unités de soutènement à bouclier dans des tailles à toit très friable, dans les charbonnages de Hongrie et Tchécoslovaquie. Progrès dans les méthodes de soutènement en Pologne et installation de soutènement à progression mécanique à Nowy-Wirek. Expériences sur les coups de toit et recherches en vue de leur prévention dans les charbonnages de Pologne. Aspects du contrôle des terrains (soutènement) en Tchécoslovaquie. Conclusions.

IND. **D 47** Fiche n° **61.611**

H. IRRESBERGER. Automatisch schreitender Ausbau zur besseren Hangendbeherrschung. *Soutènement mécanisé automatisé en vue d'un meilleur contrôle du toit.* — **Glückauf,** n° 12, 1973, p. 607/613, 9 fig.

Des observations statistiques effectuées au fond ont montré qu'il était possible d'élargir le domaine d'emploi du soutènement mécanisé, et ce, en réduisant les cassures au toit grâce à une pose rapide du soutènement, à une diminution de l'intervalle entre les extrémités de bêles et le front de charbon et grâce au ripage sous pression. Ces exigences supposent cependant une automatisation et une amélioration constructive du soutènement. C'est pourquoi, on a étudié et testé un système pneumatique automatisé. On dispose dès à présent de capteurs valables pour les distances, les angles et les temps aux fins d'automatisations plus ou moins difficiles. La commande programmée mise au point pour l'abattage par rabot fonctionne parfaitement dès maintenant. Jusqu'à présent cependant, ce dispositif n'est applicable qu'à un seul type de soutènement et à un seul procédé d'abattage. En passant à une construction à éléments interchangeables, on pourrait généraliser le domaine d'utilisation. Le ripage sous pression - dans le cas d'ouvertures supérieures à 1,30 m - n'est possible qu'avec dispositifs de ripage au toit. Des commandes pneumatiques de réglage sont prévues pour assurer le synchronisme des courses de ripage au toit et au mur. Dans les conditions des mines de la Ruhr, le soutènement traditionnel à cadres ne se prête guère à l'automatisation ni au ripage sous pression. Par contre le soutènement bouclier offre de meilleures perspectives; il peut franchir sans dégâts des cavités non comblées avec du bois. Même en grandes ouvertures et avec ripage sous pression, sa construction reste simple et les frais d'automatisation ne sont pas excessifs. On dispose dès à présent de quelques éléments de soutènement bouclier automatisés et qui seront testés sous peu dans un siège de la Ruhr.

Biblio.: 7 réf.

IND. **D 53** Fiche n° **60.651**

H.J. GEFFROY. Vergleich der verschiedenen Begleitdämme in einer Abbaustrecke. *Comparaison des différents épis de remblais construits en bordure de voie d'exploitation.* — **Glückauf,** 1972, 26 octobre, p. 1015/1017, 5 fig.

Au puits Friedrich Herinrich, on a utilisé, à titre expérimental, dans divers tronçons d'une voie d'exploitation, différentes méthodes de soutènement réalisé en bordure de voie pour en assurer la sécurité. Ce sont: 1) piles de bois, remplies de terres trouvées sur place; 2) épis de remblais à prise rapide C; 3) épis à l'anhydrite naturelle. Le but de cette expérience était de déterminer quelle était, parmi ces 3 solutions, celle qui était techniquement et économiquement la plus favorable, en tenant également compte des effets des divers modes de construction de ces épis, sur le creusement de la voie et sur l'entretien de celle-ci. La confrontation des résultats techniques et des coûts a fait apparaître que les deux méthodes de remblayage pneumatique, malgré les frais propres plus élevés qu'elles impliquent dans le coût global, sont plus favorables que celle des piles de bois à remplissage manuel au moyen de terres produites au chantier. Comme résultat provisoire, on peut déjà affirmer que les épis rigides ont pour conséquences: 1) une amélioration de la tenue de la voie; 2) une détérioration moindre des éléments de soutènement; 3) une réduction de la convergence. Si l'on compare les deux procédés de travail pneumatiques, il s'avère que la méthode de l'épi à prise rapide C est notablement plus avantageuse que la méthode à l'anhydrite naturelle. Par ailleurs, cette dernière présente une plus grande sécurité de fonctionnement; elle ne nécessite que peut de temps et de prestations pour sa construction et les manipulations qu'elle requiert sont plus simples.

IND. **D 53** Fiche n° **60.652**

W. KAMMER. Grösserer Nutzquerschnitt durch starre Streckenbegleitdämme. *Plus grande section utile réalisée par des épis de remblais rigides, établis le long des voies d'exploitation.* — **Glückauf,** 1972, 26 octobre, p. 1018/1020, 6 fig.

L'effet d'épis de remblais rigides construits en bordure des voies le long desquelles l'exploitation ne s'opère qu'à un seul côté de celles-ci est de réduire en moyenne de 16 % la convergence finale. D'autant plus puissante est la couche et plus fortes les déformations du soutènement dans le cas de piles de bois d'accompagnement, d'autant plus grand est le gain de section obtenu en recourant à des épis de remblais du type rigide. Aux vitesses d'exploitation élevées, le gain de section est moindre car, à certains moments de la journée, la distance entre la tête de l'épi et le front de taille devient plus grande. Dans les voies accompagnées de piles de bois où les déformations du soutènement sont importantes, il est possible de les réduire en substituant aux piles de bois des épis de remblais rigides (soit à prise rapide, soit à l'anhydrite). Cet effet favorable des épis rigides établis le long des voies peut être notablement accru en procédant à un remplissage systématique à l'extrados des cadres de soutènement du côté taille.

IND. **D 60** Fiche n° **60.648**

U. GROTOWSKY. Die Bedeutung der Abbaustrecken und des Abbaustreckenausbaus. *L'importance des voies d'exploitation et du soutènement de celles-ci.* — **Glückauf,** 1972, 26 octobre, p. 1006/1008, 2 fig.

Pour 1971 et pour l'ensemble des charbonnages de la Ruhr, l'auteur caractérise l'importance du poste « voies d'exploitation » par les données ci-après : a) pour produire 1000 t nettes de charbon, il faut creuser 4,5 m de voies d'exploitation; b) coût du mètre creusé de voie: environ 10.000 DM; c) dans le prix de revient tonne nette fond, le poste « voie d'exploitation » c'est-à-dire creusement et équipement proprement dits, transport en voie et entretien intervient pour 10,80 DM/t nette, soit environ 20,4 % du prix de revient fond. La fonction essentielle que l'on réclame d'une voie d'exploitation et du soutènement qui l'équipe est que la réduction inévitable de la section utile de la voie - qui résulte de l'exploitation et des pressions de terrains induites par celle-ci - s'effectue le moins rapidement possible, sans entretien exagéré, c'est-à-dire une tenue satisfaisante de la voie. Deux facteurs essentiels conditionnent la réduction de section utile, c'est-à-dire la convergence : 1) l'ouverture de la couche et la nature des épontes, 2) le dimensionnement du soutènement, son type (rigide ou flexible), sa conformation, sa portance spécifique. L'auteur au moyen d'essais de modèles de voies montre l'influence propre de chacun des paramètres essentiels. A partir des résultats observés, il formule des recommandations relatives au soutènement valable des voies. Il termine en énumérant les difficultés rencontrées dans la pratique ainsi que les tâches qui incombent tant à l'exploitant qu'au chercheur pour essayer de les vaincre.

IND. **D 60** Fiche n° **60.649**

W. GOETZE. Die Grenzen der Rechteckstrecken. *Les limites des voies à section rectangulaire.* — **Glückauf,** 1972, 26 octobre, p. 1008/1011, 7 fig.

Sur la base de déficiences et d'échecs observés dans la tenue des voies et du maintien d'une section résiduelle suffisamment grande, l'auteur tente d'établir les longueurs limites imposées aux voies de taille à section rectangulaire. Ces limites résultent essentiellement des conditions et de la

technique du soutènement. A partir de l'état actuel de cette dernière - telle qu'elle fut mise au point aux sièges Pattberg et Zollverein, l'auteur a la possibilité de définir toute une série de «valeurs directives» qui, avant tout, se rapportent : a) à la structure et à la constitution des épontes de la couche; b) à la valeur de la portance minimale exigible des éléments de soutènement. Si on reste scrupuleusement en deçà de ces valeurs directives limites, le soutènement par cadres cintrés métalliques fournit des résultats plus satisfaisants que le soutènement par cadres rectangulaires.

IND. **D 60** Fiche n° **60.654**

G. EVERLING. Verbundausbau durch Hinterfüllen bedeutet Vervielfachen der Ausbauwirkung in Abbaustrecken. *Solidariser les cadres par remplissage à l'extrados de ceux-ci signifie multiplier l'effet du soutènement dans les voies d'exploitation.* — **Glückauf**, 1972, 26 octobre, p. 1022/1025, 3 fig.

Les revêtements en béton à paroi mince — du type coquille — utilisés déjà depuis longtemps avec entière satisfaction dans la construction des tunnels sont d'ores et déjà employés également, mais sous une forme modifiée, comme éléments de soutènement lors du creusement des voies du fond. Deux formes fondamentales de ceux-ci existent: 1) comme couche de béton projeté (gunitage); 2) comme remplissage effectué pneumatiquement à l'extrados des cadres cintrés. Ces deux formes : a) immobilisent par enrobage et consolident les fragments de roche détachés du massif; b) protègent la roche contre l'atteinte du temps (humidité, oxydation, effet du CO_2 etc.) ; c) répartissent uniformément les efforts sur le soutènement; d) mettent à profit l'action non portante des terrains avoisinants; e) disposent par eux-mêmes d'une grande résistance de soutènement. Lors de la mise en place du béton, au voisinage immédiat du front de creusement de la voie, ces deux formes de soutènement contribuent précocement au soutènement des terrains, en raison du contact intime qu'elles réalisent avec celui-ci. La liaison avec le terrain — assurée sans glissement — conduit à un effet de solidarisation qu'accentue encore le soutènement par cadres cintrés en acier. Dans les voies d'exploitation, on tire un profit optimal de ces avantages lorsqu'on boulonne les bêles au toit. Ainsi il devient possible a priori d'éviter la flexion des bancs du toit et tous les inconvénients, ainsi que les travaux de renforcement du soutènement primaire de la voie.

Biblio. : 9 réf.

IND. **D 62** Fiche n° **60.650**

J. KRAHE. Das Abfangen der Streckenbögen am Strebeingang. *Le soutien ou la reprise des cadres cintrés à l'entrée des tailles.* — **Glückauf**, 1972, 26 octobre, p. 1012/1014, 6 fig.

Le mauvais état de nombreuses voies d'exploitation doit être attribué, dans bien des cas, à une portance non constante et uniforme du soutènement. Les méthodes traditionnelles de renforcement des cadres métalliques par étançons posés, soit dans l'axe de la voie, soit aux parois de celle-ci, ne parviennent pas toujours à empêcher la production d'éboulements en bordure de la voie. L'auteur formule toute une série d'exigences aux éléments de la construction et aux dispositifs conçus pour soutenir les couronnes de cadres, à l'extrémité de taille, lorsqu'on enlève un ou plusieurs des montants (côté taille) pour dégager l'entrée de taille pour permettre le passage du blindé, de la trémie de chargement ou tout autre engin et ce, sans réduire trop conséquemment la section de passage. L'auteur passe en revue les différents dispositifs dont on dispose aujourd'hui couramment à cet effet et qui satisfont aux exigences de l'exploitant. Finalement, on pose la question de savoir si les problèmes de la conformation et des dispositions au pied des tailles et qui ressortent à la technique du soutènement, ne pourraient pas être résolus d'une manière plus rationnelle et plus économique en recourant à des formes de soutènement autres que les cadres cintrés.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS.

IND. **E 0** Fiche n° **61.685**

F. CLAES. Abgrenzung zwischen Gurtband- und Wagenförderung im Steinkohlenbergbau. *Délimitation entre le transport par convoyeurs à bande et le transport par berlines dans l'industrie charbonnière allemande.* — **Glückauf**, n° 13, 1973, p. 671/675, 7 fig.

Le transport souterrain du charbon est soumis à des contraintes spéciales, inconnues dans d'autres secteurs industriels. Dans un passé récent, on a enregistré une évolution caractérisée par l'augmentation constante de la capacité des berlines et par l'emploi de convoyeurs à bande même pour le transport principal jusqu'aux puits, en particulier dans les sièges à faibles distances de transport. Si l'on veut évaluer le procédé de transport le plus approprié, il faut prendre en considération un grand nombre de paramètres : encombrement, pressions de terrain, sinuosité des voies dans les 2 plans, configuration des exploitations, maniement du charbon au cours du trajet vers les puits, capacité d'adaptation des installations de transport aux variations d'exploitation, influences sur l'aérage et les dangers d'incendie. La supériorité du transport par bandes augmente lorsque la « charge » de la concession (exprimée en t journalières/km^2) croît et lorsque la densité des galeries diminue. On peut déterminer cette relation de façon plus précise qu'auparavant, en

faisant appel aux programmes d'ordinateur du StBV, compte tenu des paramètres valables pour chaque siège. Il s'agit à la fois de simuler le transport par bande et le transport par berlines ainsi que d'élaborer un programme d'ensemble qui apprécie la rentabilité des 2 procédés de transport pendant la durée totale de vie d'un étage, par exemple. Sur le plan des nouveautés, on peut citer l'automatisation du transport par locomotives et un nouvel accroissement possible du volume utile des berlines. L'évolution future des sièges entraînera une augmentation des distances entre les nouveaux panneaux et les puits d'extraction ainsi que les installations de traitement. Le développement technique doit tenir compte de ces données.

Biblio : 6 réf.

IND. E 124 Fiche n° **61.612**

W. KNISSEL. Grössere Hobelschnittiefen in dünnen Flözen durch weggesteuertes Rücken. *Augmentation des profondeurs de passe de rabot en couches minces grâce au ripage dosé en fonction de la profondeur souhaitée.* — **Glückauf,** 1973, n° 12, p. 613/620, 6 fig., 3 tabl.

L'auteur passe d'abord en revue les mesures prises au siège Sophia-Jacoba en vue d'obtenir des profondeurs maximales de passes de rabotage, en couches minces. On met l'accent sur la grande vitesse du convoyeur de taille, sur l'accroissement de la vitesse du rabot, sur l'utilisation optimale de la chaîne du rabot, sur l'étude de la meilleure forme à donner au rabot, sur l'utilisation des couteaux coniques pour l'abattage. On a également ramené l'intervalle entre les cylindres de ripage à 3 mètres. Grâce à ces diverses améliorations, on est parvenu dans une couche de 82 cm, à obtenir une profondeur de passe moyenne de 107 mm (surface déhouillée : 4,2 m^2/min, avancement : 3,70 m/poste, production 926 t/poste, rendement taille : 26 t/Hp). Pour la première fois aussi sur le continent, on a utilisé à Sophia-Jacoba une nouvelle technique de ripage du rabot utilisé avec du soutènement mécanisé. Il s'agit d'un ripage « dosé » : la progression du convoyeur vers le front conrrespond à la profondeur de passe désirée, ce qui exclut tout mouvement de recul du convoyeur au moment du passage du rabot. La commande des cylindres de ripage s'effectue à partir d'une extrémité de taille. Les avantages de cette technique résident dans une moindre consommation énergétique et dans un meilleur alignement de la taille. Des mesures effectuées au fond dans du charbon bien rabotable ont révélé des gains énergétiques de 11 % et des augmentations de surfaces déhouillées de l'ordre de 26 %. Rien cependant ne prouve encore que ces résultats seront également acquis avec du charbon dur. Par ailleurs, le parfait alignement de la taille ne peut être garanti que dans de bonnes conditions géologiques. Il faut noter enfin que le soutènement mécanisé ne peut prendre trop de retard, sinon les cylindres de ripage ne disposent plus de la course nécessaire.

Biblio. : 8 réf.

IND. E 1332 Fiche n° **60.666**

E. KLAER. Zugseilgurtförderer auf der Grube Luisenthal. *Transporteur à courroie à câble tracteur au puits Luisenthal.* — **Fördern und Heben,** 1972, octobre, p. 776/784, 13 fig.

Un transporteur à courroie à câble tracteur, commandé par la Société Saarbergwerke AG, est entré en service en 1967. Il a pour tâche de transporter le charbon brut du fond de la fosse Camphausen à l'installation à ciel ouvert de la fosse Luisenthal. Ce transporteur, d'une longueur de 5600 m, est, de tous les transporteurs continus construits jusqu'à présent, celui dont la hauteur d'extraction est la plus grande : 773 m; il est également, de tous les transporteurs à courroie à câble tracteur, celui dont le câble est le plus gros (diamètre 51 mm) et dont la puissance est la plus grande, 1600 kW. Son parcours décrit un angle de 45°. L'auteur se penche sur l'expérience rassemblée au cours des cinq années de service de cet engin, il commente les améliorations et compare cette solution avec d'autres sur le plan économique.

Biblio. : 6 réf.

Résumé de la revue.

IND. E 54 Fiche n° **60.674**

R. COUGOUILLE, J. MENISSIER et Coll. Commission n° 2 : Utilisation des télévigiles. Colloque Interbassins 1972. (Billy-Montigny, 16/19 mai). — **Charbonnages de France, Publications Techniques,** 1972, n° 5, p. 273/288 (avec discussion).

On résume les travaux de la commission sur les différentes utilisations des télévigiles (objectifs visés). Définition d'un télévigile (concepts de base). Nature des informations transmises. Matérialisation des informations. Nombre de télévigiles en service (France, Allemagne, Belgique). Comment est assuré le service du télévigile (qualités requises des préposés); ses correspondants au fond; entretien du matériel; mise en service (progressive). Utilisation des télévigiles (mode d'utilisation des informations, méthodes de préparation des données). Organisation des chantiers (utilisation des rapports, etc.). Surveillance technique des engins permise par le télévibile (permet d'excellents résultats si la maîtrise a été formée pour bien utiliser les résultats). Conclusions sur les résultats globaux obtenus par les télévigiles; perspectives d'avenir. Une annexe (installation d'un IBM 370/155, et d'ordinateurs S/7, sur télévigile, au siège de Zolder, en Cam-

pine). Liste des communications présentées par les participants. Discussion générale.

Résumé de la revue.

IND. E 54 Fiche n° **61.677**

R. ADAM. Automatisation et télécontrôle d'une taille rabotée avec contrôle électrique programmé de l'abattage et automatisation hydraulique du soutènement. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 88/94, 6 fig.

Après avoir conçu divers systèmes de télécommandes plus ou moins complexes, on s'est orienté, aux Charbonnages de France, vers une solution aussi simple que possible, en repensant l'équipement en fonction des problèmes fondamentaux mis en évidence par les essais.

Pour l'abattage, le matériel comprend un rabot sans recul pour éviter les coincements par les piles, un blindé large avec indicateur d'avance.

Les éléments de soutènement sont liés au convoyeur.

Plusieurs indications sont relevées (position et effort de traction sur le rabot, avance du convoyeur) qui sont transmises sur un tableau à l'extrémité de la taille. Ainsi la taille n'a jamais montré des écarts d'alignement supérieurs à 10-20 cm. Le soutènement est réalisé par piles de 2 flèches « Marrel » articulées sur une semelle ; l'automatisation est basée sur le principe de la commande séquentielle : le déclenchement d'une série de piles, provoqué par le vérin horizontal de la pile mère, commande le ripage et la baisse des étançons. L'automatisation diminuant le retard du soutènement, améliore le toit. Elle améliore également le taux de marche.

En annexe, l'auteur traite de façon plus détaillée de la réalisation de l'automatisation d'une longue taille en Provence.

Résumé de la revue.

IND. E 6 Fiche n° **61.682**

J. BIEAU et R. AUBEL. Essais d'une grue hydraulique au fond. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 125/130, 1 tabl., 7 fig.

Les essais ont eu lieu au siège « Simon » (Lorraine). La grue « Decauville-Effer » à colonne surbaissée, sur chariot, est traînée par loco-Diesel, sur voie ferrée. La flèche télescopique peut atteindre 5,50 m et avec 2 rallonges manuelles 8,74 m. La masse totale est de 12 t. La force est de 6150 kg à 1,22 m et 1320 kg à 5,44 m.

L'appareil sert à de nombreuses opérations de chargement, transport de matériel lourd, ripage de voies avec des gains de temps appréciables.

Les manutentions au palan, souvent dangereuses, et le culbutage de matériel, sont ainsi évités. Le gain de temps facilite la rotation des chariots dont le nombre est ainsi diminué.

F. AERAGE. ECLAIRAGE. HYGIENE DU FOND.

IND. F 21 Fiche n° **61.637**

STEINKOHLENBERGBAUVEREIN. Le gisement et le dégagement du grisou. I Rapport de synthèse 1962-1968-StBV. — **CECA, Recueil de Recherches Charbon,** Technique minière, 1971, Luxembourg, n° 34, 150 p., nombr. fig. et tabl.

Le rapport de synthèse s'articule autour de 3 parties principales. A) *La concentration en gaz du charbon et des roches :* procédés de désorption et de mesure de pression de gaz (mesures souterraines, mesures d'absorption, mesures de contrôle). B) *Le degré de dégazage du charbon et des roches :* sa détermination en fonction de la vitesse et la durée du dégagement de gaz, en fonction des différences de concentration de gaz avant et après l'influence des travaux miniers, dégazage des silos à charbon souterrains, installation de télécontrôle du méthane. C) *Zone de dégagement du gaz autour d'un chantier :* délimitation de cette zone par détermination du degré de dégazage, par mesure de l'accroissement du dégagement de gaz dans les sondages, observations des mouvements de terrains par caméra TV pour sondages. Au surplus, le rapport comporte trois annexes traitant de : 1) recherches sur la forme et la grandeur de la zone de dégazage autour des chantiers en gisement plat ou peu incliné de la Ruhr; 2) expériences pratiques de mesures avec la centrale de télégrisoumétrie Dräger-Cerchar; 3) mesures des mouvements de terrains au toit et au mur des chantiers.

IND. F 21 Fiche n° **61.638**

R. VANDELOISE. Le gisement et le dégagement du grisou - Rapport de synsthèse 1963-1968/INIEX. — **CECA, Recueil de Recherches Charbon,** Technique minière, 1971, Luxembourg, n° 35, 43 p., 29 fig., 5 tabl.

Le dégagement de grisou constitue l'obstacle majeur à l'accroissement des vitesses d'avancement des vitesses d'avancement et des productions unitaires dans les chantiers grisouteux. Il contrarie l'application de certaines méthodes d'exploitation par ailleurs rentables, telles que les tailles rabattantes. L'étude du gisement du grisou comprend la détermination aussi exacte que possible de la concentration en gaz des couches de manière à pouvoir établir une prévision des dégagements grisouteux et prédéterminer les besoins en aérage et en captage. Accessoirement, comme ce sont les couches de charbon qui constituent les sources les plus importantes du dégagement de grisou, il fallait essayer de localiser ces couches au mieux et, en certains cas, de préciser les stratigraphies. Le dégagement de grisou se produit dans tous les

chantiers miniers : chantiers d'exploitation, travaux préparatoires, vieux travaux. L'étude du dégagement de grisou a porté sur ces divers types de chantiers, mais plus spécialement sur les longues tailles en plateures et les vieux travaux. Pour les longues tailles, on a recherché les lois de variation de la teneur en méthane du courant d'air dans l'espace et dans le temps, ainsi que les lois de variation du dégagement spécifique dans le temps, en fonction de toute une série de facteurs naturels ou miniers. Simultanément, on avait en vue l'amélioration des moyens de lutte contre le grisou et, en particulier, le perfectionnement des techniques de captage. Toute cette recherche a pris appui sur des campagnes de mesures grisoumétriques systématiques. L'étude du dégagement de grisou des vieux travaux a été entreprise pour une double raison: 1°) dans certaines mines en activité, ce dégagement est très important (jusqu'à 50 % du dégagement total de grisou de la mine) et peut créer des difficultés mais aussi une source de captage très intéressante; 2°) dans les mines fermées, le dégagement résiduel de grisou peut de même être très abondant et ce gaz peut être capté avec profit.

Biblio. : 14 réf.

IND. **F 22** Fiche n° **61.681**

A. REINHARD. Un appareil nouveau pour la gestion des réseaux de captage de grisou : le tricapteur. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 121/124, 5 fig.

En plus de la teneur en grisou qui peut être enregistrée en divers points d'une tuyauterie de captage, il était intéressant d'enregistrer aussi le débit de grisou et la dépression, paramètres qui n'étaient jusqu'alors que ponctuellement mesurés, dans l'espace et dans le temps. Ces mesures sont utiles en vue d'une bonne gestion du captage, rendue nécessaire par l'approfondissement des travaux et l'augmentation de la production des chantiers. Le tricapteur est un appareil qui, en utilisant des thermistances, permet la mesure de 3 paramètres : dépression, teneur, débit. L'installation, équipée de 10 tricapteurs, transmet leurs indications à une armoire au jour après interrogation cyclique de chacun. L'installation de Liévin donne depuis trois ans entière satisfaction aussi bien pour l'exploitation que pour la gestion du réseau de captage.

Résumé de la revue.

IND. **F 24** Fiche n° **60.677**

J.D. KALASKY. Ventilation of deep coal mines. *L'aérage des mines de charbon profondes.* — **Mining Congress Journal,** 1972, septembre, p. 43/48, 10 fig.

Le Charbonnage de Virginia Pocahontas dans le Comté de Buchanan en Virginie exploite une couche de 1,35 m à une profondeur qui atteint, au maximum, 780 m. Les traçages, ou entrées, sont creusés avec mineurs continus et les piliers sont déhouillés en rabattement suivant un schéma dont on décrit l'application. L'article s'attache surtout à décrire le système d'aérage des chantiers qui sont assez grisouteux. On y applique les procédés de grisoumétrie notamment dans les traçages et dans les tailles on fore des trous de 75 mm de diamètre, distants de 30 m pour drainer la couche en avant du front. On fait également des sondages partant de la surface, tubés et cimentés au terrain dans la partie supérieure et aboutissant à la couche dans les remblais ou dans la couche en avant de la taille. La mine produit 5000 t/jour et le volume d'air atteint 25.000 m^3/min avec une émission de grisou de 396.000 m^3/jour dont 1/6 est drainé par trous de sonde.

IND. **F 231** Fiche n° **61.656**

X. Report and conclusions on overvoltages caused by lighting. *Rapport et conclusions sur les survoltages causés par la foudre.* — **Mining Technology,** 1973, juin, p. 240/244.

Le 30 août 1963, une explosion de grisou et de poussières survint au Charbonnage de Mainsforth, Durham, heureusement sans faire de victime mais des dégâts aux travaux et aux équipements électriques et autres convoyeurs, etc., à la profondeur de 170 m et à distance du puits. La cause de l'inflammation du grisou est attribuée à un survoltage occasionné par la foudre aux lignes de 20 kV fournissant le courant à la surface, courant qui alimentait les équipements du fond.

L'article étudie les phénomènes dus à l'action de la foudre sur les installatins électriques de la surface, transmise aux équipements du fond par les lignes électriques ou par le sol et des corps métalliques.

Il examine ensuite les mesures de protection qui peuvent être prises.

Le cas est considéré aussi, le plus général, de la foudre tombant dans le voisinage immédiat de l'orifice du puits ou de la galerie d'accès, l'effet étant transmis par ondes électromagnétiques dans les galeries souterraines.

Une série de conclusions sont tirées de cet examen.

Biblio. : 5 réf.

IND. **F 40** Fiche n° **61.585**

G. DEGUELDRE. La lutte contre les poussières en dehors de l'abattage. — **Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines,** n° 3, 1972, p. 145/152.

L'auteur traite tout d'abord de l'efficacité de la pulvérisation d'eau, des facteurs qui la conditionnent et des produits additifs favorisant le mouillage des poussières. Il passe ensuite en revue les

principales opérations minières en citant pour chaque cas les moyens de lutte les plus appropriés : c'est ainsi qu'il examine successivement le remblayage pneumatique, le foudrayage, le creusement des galeries (mécanique ou à l'explosif en envisageant dans ce dernier cas les problèmes de foration, de schéma de tir et de bourrage des mines). Il aborde enfin le problème de la suppression de poussières dues au transport des produits en dehors des tailles et celui du traitement des importants dépôts de poussières sédimentées au voisinage des chantiers et des transporteurs. Pour terminer, il évoque le cas du dépoussiérage des installations à fort dégagement de poussières (points de transbordement par exemple) qui nécessitent parfois l'usage de moyens de protection individuels.

IND. **F 40** Fiche n° **61.587**

H. BREUER. Résultats des recherches effectuées dans le domaine de la lutte technique contre les poussières dans les mines. — **Revue de l'Institut d'Hygiène des Mines,** n° 3, 1972, p. 156/162.

Rapport de synthèse des résultats des recherches menées sur le plan de la lutte technique contre les poussières . Ce rapport s'articule autour de trois grands thèmes : - Recherches épidémiologiques et valeurs limites d'empoussiérage. - Contrôle des mesures visant à améliorer la protection sanitaire. - Réduction du dégagement de poussières et lutte contre les poussières en suspension. Sur ce dernier sujet, l'auteur examine d'abord des mesures purement techniques visant à agir sur les sources d'empoussiérage, puis les innovations de technique minière qui doivent s'accompagner de mesures supplémentaires de lutte. Il évoque le problème nouveau soulevé par l'utilisation accrue du soutènement mécanisé, la nécessité de prévoir, dès la construction des machines d'abattage, tous les équipements indispensables à la lutte contre les poussières. Il traite enfin des procédés classiques de lutte contre les poussières : infusion d'eau dans la veine, arrosage et pulvérisation.

IND. **F 411** Fiche n° **61.678**

R. SCHWARTZMANN. L'infusion profonde à partir des voies dans les couches minces. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 95/105, 10 fig.

L'avancement rapide des chantiers des tailles rend insuffisante l'injection courte en taille et les délais disponibles pour l'injection deviennent trop courts. Le Cerchar, dès 1960, a entrepris l'étude de l'injection profonde à partir des voies (I.P.V.). L'auteur énonce les principales conditions d'applicabilité de la méthode et donne des indications sur les pressions les plus favorables (20 et 30 bars) et sur les débits moyens (0,2 l et 1,5 l/min). Le taux d'injection n'est pas impérativement limité. La phase importante dans la vie d'un sondage est le début d'injection qui permet d'observer le débit que le trou peut accepter. Le contrôle de l'humidité du charbon doit se faire avant et après l'infusion pour juger de l'évolution de l'humidité des fronts avec l'avancement des travaux. En plateures, une humidification assez homogène sera obtenue avec un espacement des trous d'environ 20 m. En taille pentée, la répartition de l'eau est moins bien connue. L'opération doit être préparée selon un planning. Un chef responsable doit être chargé d'établir le canevas d'injection des panneaux et leur ordre de prise. L'efficacité relative par rapport à l'infusion ordinaire à moyenne profondeur est généralement supérieure de 30 %. Il est toujours intéressant de combiner l'I.P.V. avec d'autres moyens (pulvérisation en taille par exemple). Les meilleurs résultats pour le charbon sont obtenus avec des veines composées de nombreux sillons de charbon et de schistes charbonneux. Il faut éviter les veines à mur tendre et à toit fragile. L'I.P.V. améliore l'avancement des chantiers rabotés en plateure. Outre les avantages de dépoussiérage et de facilité d'abattage, elle a aussi le mérite de la souplesse en libérant le front de taille et en devenant ainsi indépendante du cycle d'exploitation. Elle est plus économique en personnel que les autres méthodes, mais celui-ci doit être plus qualifié.

Biblio. : 6 réf.

Résumé de la revue.

IND. **F 50** Fiche n° **61.686**

J. VOSS. Kerngrössen für die Klimavorausberechnung. *Paramètres du calcul prévisionnel du climat.* — **Glückauf,** n° 13, 1973, p. 675/681, 15 fig., 1 tabl.

En partant d'un grand nombre de mesures de climat, effectuées dans des chantiers au cours de l'été 1971, on a déterminé des indices thermiques pour le calcul prévisionnel du climat. Ce grand nombre de mesures offre pour la première fois la possibilité d'analyser la relation des 2 indices les plus importants : conductibilité thermique équivalente et indice hygrométrique vis-à-vis de divers paramètres ; il permet également de calculer les valeurs moyennes et les dispersions. En résumé, on peut affirmer que les indices calculés jusqu'à présent pour les tailles s'insèrent très correctement dans l'étroite zone de dispersion du grand nombre de valeurs déjà calculées. La faible augmentation des indices au fur et à mesure de l'accroissement du tonnage brut par jour a été vérifiée. On dispose maintenant de données quantitatives sur l'influence du tonnage brut horaire. Les conductibilités thermiques équivalentes croissent assez fortement avec l'augmentation du tonnage (4 kcal/mhK pour de faibles tonnages et 10 kcal/mhK pour de forts tonnages). Ces chiffres sont valables pour des tailles foudroyées; dans les

tailles remblayées, la conductibilité thermique équivalente moyenne atteint 3 kcal/mhK ; l'influence d'un accroissement du tonnage brut est ici insignifiante. On a aussi effectué des mesures dans les voies de chantier mais ici la dispersion est nettement plus importante. Enfin, on a fourni des données numériques sur les pertes d'aérage dans les vieux travaux. Dans le cas de 20 chantiers foudroyés, exploités en tailles chassantes et aérés en U avec des longueurs de chasses suffisamment importantes, les pertes relatives de débit d'air se sont situées entre 20 et 40 % du débit total. Ces pertes augmentent lorsque la puissance de la couche augmente, lorsque la longueur de chasse augmente et quand la longueur de la taille diminue.

Biblio. : 6 réf.

IND. **F 60** Fiche n° **60.673**

H. BONNARDOT, R. GRISARD et Coll. Commission n° 1 : Les Feux. Colloque Interbassins 1972. (Billy-Montigny, 16/19 mai). — **Charbonnages de France, Publications Techniques,** 1972, n° 5, p. 259/272 (avec discussion), 10 fig.

Les progrès de la lutte contre les feux s'affirment, en même temps que ceux de la prévention; recherches sur les connaissances permettant d'améliorer encore la prévention. Description des schémas de 6 feux réels, très divers et dont l'origine semble chaque fois un cas d'espèce : mais les circonstances de leur apparition font ressortir un certain nombre de facteurs communs dont les principaux sont : la réactivité du charbon (2 indices en cours d'étude), géométrie de la veine et celles de l'exploitation (relevé des zones préférentielles d'échauffement), infiltration d'air à travers le charbon, zones faillées ou ébouleuses : facteurs dynamiques : accroissement de la fissuration, variation rapide des infiltrations d'air. Conséquence pour la prévention (mesures à prendre; détection précoce). Conclusions : nécessité de créer des journées de formation et d'information et mise à jour ; nécessité de perfectionner la documentation et son exploitation; dotation des bassins en matériel de prévention; organisation de la prévention au niveau des sièges d'extraction. Discussion.

Résumé de la revue.

IND. **F 91** Fiche n° **60.637**

G. PLEECK. La pollution sonore. — **Journal des Ingénieurs,** 1972, n° 3, p. 7/17, 8 fig.

L'auteur analyse brièvement les aspects fondamentaux ci-après du problème du bruit : 1) Qu'est-ce que le bruit ? Comment le mesure-t-on ? Comment se propage-t-il ? : d'où chapitre : Définitions. Notions fondamentales. 2. Quels sont les effets du bruit sur l'homme : d'où chapitre : A) Notions d'acoustique physiologique : lignes isosoniques de Fletcher et Munson. Niveaux pondérés dB (A) - (B) - (C) - (D). Gêne et puisance des bruits. B) Effets du bruit sur l'homme. 3) Quelles sont les principales sources du bruit : A) Bruits de la rue. B) Bruits industriels. C) Bruits dans les habitations. 4) Comment y remédier. 5) Où en est-on au point de vue législatif ? 6) Conclusions.

Biblio. : 9 réf.

IND. **F 91** Fiche n° **60.678**

J.N. MURPHY, H.K. SACKS et Coll. Progress in noise abatement. *Progrès en atténuation du bruit.* — **Mining Congress Journal,** 1972, septembre, p. 59/63, 7 fig.

La règlementation américaine des charbonnages a fixé des normes pour les tolérances en matière des bruits auxquels sont exposés les mineurs dans les travaux souterrains. Le niveau de bruit tolérable, évalué en décibel, est variable avec le temps d'exposition. Il peut être mesuré au moyen d'un équipement dont un prototype est décrit sous le nom d'audio-dosimètre portatif afin de pouvoir suivre l'ouvrier au cours de son travail. D'autre part, des recherches ont été entreprises pour fournir aux oreilles un coussin protecteur réalisant une atténuation notable du niveau de bruit sans pour autant interdire l'accès de certains signaux ou bruits avertisseurs ; en somme un amortisseur sélectionneur de bruits. L'article traite enfin le problème du niveau du bruit des différentes machines utilisées au fond de la mine et des dispositifs utilisés pour le réduire. Les perforatrices à air comprimé, notamment celles employées pour le boulonnage du toit, figurent en tête de la liste. On peut arriver à abaisser leur niveau de bruit dans une mesure assez importante.

H. ENERGIE.

IND. **H 401** Fiche n° **61.670**

A. SCHEPENS et P. COLS. La centrale thermique de Kallo. — **Electricité,** n° 155, 1973, juin, p. 29/40, 9 fig., 5 tabl.

Le complexe de Kallo est le premier site belge équipé d'unités monobloc à resurchauffe du palier de puissance 275 à 300 MW. Trois arguments ont milité en faveur du site adopté (disponibilité en terrains industriels, en eau de refroidissement et proximité de raffineries). Les auteurs commentent l'intégration des nouvelles unités de production dans le parc des machines de l'EBES et dans le contexte régional de la zone anversoise. En 1972, les charges enregistrées ont été couvertes par un ensemble de moyens de production composé de :

67 % de machines de base,

19 % d'unités à moyenne utilisation,
14 % d'unités de pointe.

Sur le plan du contexte régional, du fait de l'essor économique et industriel de la région d'Anvers, la fourniture d'énergie électrique aux réseaux est passée de 1345 GWh en 1962 à 5775 GWh en 1972; pendant la même période, la puissance appelée par les réseaux concernés est passée de 293 MW à 991 MW. Les auteurs concluent en soulignant que le site thermique de Kallo s'intègre parfaitement dans le contexte économique et industriel de la région portuaire.

IND. H 533 Fiche n° **61.676**

R.S. SCHWEITZER. Automatisation et télécommande en taille. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 83/87.

L'automatisation d'une longue taille suppose l'automatisation ou au moins le télécontrôle des 4 équipements qu'elle comporte : convoyeur blindé, engin d'abattage, soutènement, extrémité de taille.

Pour le convoyeur, les problèmes posés sont relatifs à sa largeur, à sa résistance, à la concordance de son sens de marche et de celui du rabot (en taille au rabot).

Pour l'abattage au rabot, ce sont l'inversion du sens de marche en bout de course, le réglage du niveau de coupe, le réglage de la poussée et le contrôle de l'avance.

Avec la haveuse à tambour, une télécommande à vue paraît préférable à un contrôle automatique avec détection du niveau de coupe.

Pour le soutènement, les points importants sont : le moment opportun du déplacement tel qu'aucun obstacle ne le gêne, la simultanéité des déplacements, le maintien en direction obtenu plus facilement en liant les piles au convoyeur. Le contrôle du toit est amélioré par l'automatisation du soutènement qui diminue le retard de soutènement et augmente la vitesse d'avancement. Outre ces problèmes particuliers, il faut envisager une conception d'ensemble en fonction des conditions d'exploitation et de rentabilité. Très peu de tailles existent entièrement télécontrôlées ou automatisées, ce qui en général est peu économique; mais certaines opérations le sont : régulation de la poussée du rabot, télécommande du niveau de coupe des haveuses, soutènement. Même si les recherches en automatisation n'ont pas toujours réussi, elles ont toujours été bénéfiques par l'amélioration de la mise au point du matériel. Quand elle a pu être réalisée, elle a toujours permis de gagner sur la vitesse d'avancement, la tenue du toit, la sécurité et l'hygiène du personnel.

Résumé de la revue.

IND. H 5510 Fiche n° **61.655**

D.I.A. GRAINGER. Standards and types of protection applicable to electric motors used in hazardous atmospheres. *Standards et types de protection applicables aux moteurs électriques utilisés en atmosphères dangereuses.* — **Mining Technology,** 1973, juin, p. 230/239.

L'article définit et classe les zones dangereuses et souligne les différences entre les techniques employées en Grande-Bretagne et dans les autres pays d'Europe pour la protection contre les risques d'inflammation ou d'explosion dans l'emploi des moteurs électriques. Les standards d'Allemagne Fédérale et les travaux de l'I.E.C. (International Electrotechnical Commission) forment l'élément principal de cohésion des normes européennes dans ce domaine.

Les chapitres suivants sont successivement traités : Définition et classification d'une zone dangereuse. Protection des moteurs électriques. Organismes de vérification et d'agréation. Standards internationaux; standards nationaux, allemands, italiens, belges, hollandais et britanniques.

Biblio. : 6 réf.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES.

IND. I II Fiche n° **61.629**

R. MANZ. Experimentelle Untersuchung der Winkellage der Mahlkörper an der Wand von Kugelmühlen. *Recherches expérimentales sur la position angulaire des corps broyants sur la paroi des broyeurs à boulets.* — **Aufbereitungs-Technik,** n° 5, 1973, p. 285/293, 18 fig., 2 tabl.

Lors du fonctionnement normal d'un broyeur à boulets, les corps broyants ne touchent la paroi du broyeur que dans une zone angulaire déterminée. L'emplacement et la grandeur de cette zone ont été déterminés sur un broyeur cylindrique de 58,2 cm de diamètre à l'aide d'un système de mesure inductif en fonction de plusieurs grandeurs d'influence. Les expérimentations ont mis en évidence : 1. L'emplacement de la zone angulaire dans laquelle les corps broyants sont en contact avec la paroi ne dépend que dans une mesure très faible du nombre de tours de la virole. 2. Aux deux extrémités, cette zone s'agrandit de façon presque linéaire avec l'augmentation de la charge broyante. 3. L'addition de quartz finement broyé, en quantités variables, ne déplace que légèrement la charge broyante sur la paroi du broyeur. 4. Quand la virole est garnie de listeaux releveurs en forme de segment et quand la charge broyante occupe moins de 25 % du volume de la virole, les boulets se décollent plus tôt de la paroi que dans le cas d'un broyeur sans dispositifs releveurs. Ce comportement des corps

broyants à l'intérieur d'un broyeur avec listeaux releveurs a été éclairci par l'étude mathématique des forces agissant sur un boulet qui se trouve dans la zone de décollement. A part la position angulaire, le système de mesure inductif permet de déterminer aussi la vitesse des corps broyants sur la paroi. Il est possible de calculer également à partir des valeurs obtenues, le nombre de boulets qui touchent la paroi. La méthode est expliquée à l'aide d'une expérimentation.

Biblio. : 13 réf.

IND. I 35 Fiche n° **60.640**

G.E. EDWARDS. Assessment of the froth flotation characteristics of a coal. *Etablissement des caractéristiques à la flottation d'un charbon.* — **Journal of the Institute of Fuel**, 1972, octobre, p. 514/521, 3 fig.

C'est au terme d'une expérience qui porte sur plusieurs années que l'auteur a pu établir toute une gamme de conditions standardisée, nécessaires pour effectuer des essais de flottation valables, dans une cellule de laboratoire Fagergren, et ainsi fournir des résultats qui s'approchent de ceux obtenus dans un atelier de préparation de charbon australien. Une série d'essais furent effectués dans une telles cellule en utilisant un charbon de base; une seule des variables fut altérée dans chacune des séries d'essais, les variables soumises à l'épreuve étant respectivement: a) pourcentage du solide à l'alimentation; b) calibre des particules solides à l'entrée (fines inférieures à 0,5 mm) ; c) oxydation des fines à l'alimentation; d) valeur du pH ; e) température ; f) temps de mélange; g) réactifs et vitesse de réaction; h) temps de mise en condition ; i) vitesse d'aération et vitesse du rotor; j) temps de flottation. L'auteur présente, sous forme de graphiques et de tableaux, les résultats enregistrés et il les discute.

Biblio. : 15 réf.

IND. I 43 Fiche n° **61.626**

W. WAGENER. Der Betrieb und die Planung von Heisslufttrocknern für rieselfähiges Gut. *L'étude et le principe de fonctionnement des séchoirs à air chaud pour produits ruisselants.* — **Aufbereitungs-Technik**, 1973, n° 5, p. 265/271, 9 fig.

L'article a pour objet les bases du séchage de particules solides à l'air chaud. Elles sont expliquées à l'aide du diagramme I-x qui représente la relation qui existe entre la capacité calorifique de l'air humide et sa teneur en humidité. Le tracé du diagramme est expliqué, de même que la modification de l'état de l'air pendant son passage à travers le séchoir. L'auteur présente quelques types connus de séchoirs et explique leur développement en vue de pouvoir opérer avec des vitesses d'air aussi élevées que possible.

Biblio. : 10 réf.

Résumé de la revue.

IND. I 44 Fiche n° **61.645**

J.C. BOURALY. La clarification des eaux de lavage chargées de matières minérales. — **Equipement Mécanique**, n° 122, 1973, p. 55/57, 8 fig.

La rareté de l'eau en de nombreux points d'extraction des matériaux et les troubles de l'environnement rendent nécessaire le remploi par recyclage dans l'installation, de l'eau clarifiée par traitement des effluents pollués.

La séparation des particules solides à partir de l'eau est obtenue par décantation, processus faisant appel à la taille et au poids spécifique des solides. L'auteur résume très brièvement la théorie de la décantation statique en envisageant séparément le cas de la circulation horizontale et de la circulation verticale du fluide. Il décrit les décanteurs coniques et circulaires à raclage mécanique des boues et note l'intérêt de la floculation pour augmenter la clarification.

Après avoir souligné l'importance de la récupération avant décantation des fines supérieures à 40 μ, il décrit deux installations travaillant suivant les procédés évoqués.

IND. I 520 Fiche n° **61.683**

P. TAKACS, J. KORBULY et Coll. Amélioration de la qualité d'un mélange de fines pour pâte à coke par agglomération avec un liant. — **Industrie Minérale, Mines**, n° 2, 1973, p. 131/140, 4 fig., 3 tabl.

En Hongrie, le charbon de base pour la fabrication du coke métallurgique provient du bassin de Mecsek. Il est de bonne qualité thermoplastique, mais défectueux par la répartition granulométrique (taux élevé de — 0,5 mm) et par l'humidité. Il est possible d'y remédier par l'emploi de mélanges contenant des agglomérés. La forme et le poids des agglomérés sont importants; on a observé l'intérêt de la forme en gouttes ou en lamelles, avec une masse de l'ordre de 15 g. Le liant aussi est important; on peut suppléer en partie au brai par du bitume si les goudrons de cokerie ne peuvent fournir la quantité de brai suffisante, mais il y a intérêt à réduire la proportion de bitume. De très bons cokes métallurgiques ont été ainsi obtenus avec des mélanges assez inhabituels. L'indice « Roga » de la pâte est abaissé sans perte de résistance pour le coke. La granulométrie de celui-ci est correcte (75 % de 40-80 mm). La présence du liant favorise l'élimination de l'eau dans l'aggloméré et sa résistance, mais le produit d'origine doit être très peu argileux.

Ce procédé permet l'économie d'un séchage, l'emploi de charbons moins coûteux et à qualité donnée de la matière première, d'obtenir un coke meilleur.

Biblio. : 9 réf.

Résumé de la revue.

J. AUTRES DEPENDANCES DE SURFACE.

IND. J 313 Fiche n° **60.675**

H. LATAPIE et F. BOUCLY. Commission n° 3 : Organisation de l'entretien des matériels au fond. Colloque Interbassins 1972. (Billy-Montigny, 16/19 mai). — **Charbonnages de France, Publications Techniques,** 1972, n° 5, p. 289/303, 9 fig.

Sujet très étendu; l'étude a été limitée à quelques matériels, tout en essayant de dégager des règles d'application générale. Plan: 1) Etudes de matériels (soutènement marchant, chaînes et accessoires de rabot et de convoyeur, appareils de phonie en taille). 2) Exemples d'application de solutions proposées au colloque de 1971 (préparation au jour des matériels électriques, réparation par lots des matériels en régression). 3) Réflexions sur les structures des services d'entretien (au niveau : du personnel d'exécution, des agents de maîtrise, des liaisons avec le chef d'exploitation). 4) Essai de synthèse et conclusion. D'autres études ont été faites (des documents ont été établis; en annexe figure leur liste, avec indication de l'adresse à laquelle ils peuvent être demandés). Discussion concernant la réception des matériels.

Biblio. : 14 réf.

Résumé de la Revue.

IND. J 210 Fiche n° **61.675**

W.E. DAVIES, J.F. BAILEY et Coll. Inondation de la vallée du Buffalo Creek suite à la rupture d'une digue de stériles. — **Industrie Minérale, Mines,** n° 2, 1973, p. 73/81, 11 fig., 1 tabl.

En février 1972, 17 villages, dans la vallée du Buffalo Creek (Virginie occidentale) ont été dévastés par la rupture d'une digue de stériles de charbon construite dans la vallée du Middle Fork, affluent du Buffalo Creek.

L'exploitation du charbon a commencé en 1945. Les stériles du lavoir installé en 1947 ont d'abord été déchargés par camions au confluent des 2 rivières. D'autres barrages ont été construits ensuite en amont dont le n° 3 en 1969.

La cause de l'inondation a été la réserve d'eau importante retenue derrière la digue n° 3; la hauteur d'eau au moment du sinistre était de 14,2 m derrière le barrage. La montée de l'eau dans la journée qui a précédé, a augmenté la pression interstitielle à l'intérieur de la digue provoquant gonflement et glissements. De l'eau s'est déversée sur la digue n° 2 en aval qui a cédé, créant une crue du Buffalo Creek. Enfin au matin du 26 février, la digue n° 3 fut elle-même coupée, vidant le bassin en 15 min.

La digue était un terril classique obtenu par déversement de stériles; il n'y avait ni drainage, ni contrôle du niveau d'eau dans le bassin. Les boues qui lui servaient de fondation étaient le siège de nombreuses fuites entraînant beaucoup de stériles et par là éboulements et glissements. Par rapport à la hauteur du barrage, la longueur de la digue était trop grande, le compactage insuffisant.

Résumé de la revue.

L. GAZEIFICATION.

IND. L 1 Fiche n° **61.639**

K.H. VAN KEEK, H. JUENTGEN et Coll. Fundamental studies on coal gasification in the utilization of thermal energy from nuclear high temperature reactors. *Etudes fondamentales sur la gazéification du charbon, en utilisant l'énergie thermique provenant des réacteurs nucléaires à haute température.* — **Journal of the Institute of Fuel,** 1973, juin, p. 249/257, 13 fig., 4 tabl.

Compte tenu, d'une part, des demandes croissantes en énergie dans l'avenir et, d'autre part, du développement des réacteurs nucléaires à haute température refroidis au gaz, on a envisagé la possibilité de produire du gaz par gazéification du charbon en utilisant l'énergie nucléaire. Des expériences ont déjà été réalisées. Cette communication traite de la solution des problèmes relatifs à la cinétique de la gazéification du charbon avec de la vapeur se trouvant dans des conditions précises de température et de pression. on montre que la vitesse de gazéification dépend fortement de la température et du type de combustible solide; par ailleurs l'influence de la pression et de la granulométrie des particules semble négligeable. En choisissant des types de réacteurs à temps de séjour de plusieurs minutes, on peut gazéifier des lignites dans une gamme de températures variant entre 700 °C et 850 °C et des charbons dans une gamme comprise entre 900 °C et 1000°C.

Biblio. : 30 réf.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE.

IND. M 6 Fiche n° **61.605**

A. BABCOCK. Fly ash achieving dramatic success in reclaiming coal waste piles. *Les cendres volantes peuvent être utilisées avec grand succès pour fertiliser les terrils.* — **Coal Age,** 1973, avril, p. 88/89, 2 fig.

Les cendres volantes de chaudières de centrales électriques peuvent trouver une utilisation en recouvrant les terrils d'une couche qui, ensemencée, peut être très favorable à la végétation. L'article cite plusieurs exemples de restauration de sites à l'appui de cette méthode. Elle ne s'appliquerait pas sur de fortes pentes et le choix du moment le plus favorable à la germination

est essentiel. Des résultats spectaculaires ont été obtenus dans plusieurs états américains.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE.

IND. Q 1154 Fiche n° **61.673**[I]

RIPU-DAMA - LAMA. Polish hard coal mining. Recent developments. *Exploitation du charbon en Pologne. Evolution récente.* — **Colliery Guardian,** 1973, juin, p. 228/232, 14 tabl.

En Pologne, l'industrie minière occupe une place importante dans l'économie nationale. Les réserves de charbon sont estimées à 90 milliards de tonnes et la production annuelle actuelle atteint 144 millions de tonnes ; cette production couvre 72,5 % des besoins énergétiques du pays et lui procure d'importantes rentrées de devises. L'auteur passe en revue les principaux bassins charbonniers du pays : Basse Silésie, Haute Silésie et Lubelski et met en évidence les progrès qui ont été réalisés sur le plan de la concentration : en 1970, 77 mines assurent la production avec un rendement fond passé de 1793 kg/Hp en 1960 à 3072 kg/Hp en 1970. Alors qu'en 1960, on trouvait un total de 5300 tailles, on n'en compte plus que 1940 en 1970 ; les tailles à production journalière supérieure à 1000 t sont passées de 45 en 1969 à 120 en 1970. La mécanisation des chantiers s'est fortement développée au cours des 15 dernières années. L'auteur énumère les divers types d'engins d'abattage fabriqués et utilisés actuellement en Pologne en spécifiant leurs plus intéressantes caractéristiques. A noter qu'en 1970, sur un total de 591 machines d'abattage, on compte 64 rabots et 512 abatteuses à tambour. On signale quelques résultats remarquables enregistrés dans certaines longues tailles mécanisées. Les perfectionnements de la mécanisation ont porté également sur les creusements de bouveaux : nouvelles chargeuses, nouveaux types de scraper. En 1969, l'avancement moyen mensuel d'un bouveau était de 80 m : il atteint actuellement 200, 300 et même 500 m dans certaines mines. Pour les traçages au charbon, on mentionne les résultats intéressants de la machine 4 PU (Pk-7) : 312 m/mois, avec un rendement de 16,7 t/Hp.

IND. Q 124 Fiche n° **61.669**

A. STARINK. Huidige en toekomstige ontwikkelingen van de olie en gaswinning op de Noordzee. *Evolutions actuelle et future de l'exploitation gazière et pétrolière en mer du Nord.* — **De Ingenieur,** 1973, 21 juin, p. 515/517, 1 fig., 2 tabl.

On peut affirmer que l'exploitation des ressources énergétiques du sous-sol de la mer du Nord a débuté en 1964. L'auteur résume l'évolution des travaux entre 1964 et 1972 : forage de 600 puits d'exploration et de production, utilisation de plates-formes fixes et relevables ainsi que de plates-formes semi-submersibles. La production de gaz atteint environ 1/3 de celle de Slochteren. Dans la zone Ekofisk on extrait 40.000 barils de pétrole par jour. L'auteur passe en revue les prévisions à court terme (jusqu'en 1975) et à long terme (jusqu'en 1985). Il n'est pas exclu que l'on atteigne finalement une production journalière de 2.10^6 à 3.10^6 barils/jour, chiffre à comparer à la consommation mondiale quotidienne : 40.10^6 barils/jour. Au point de vue réserves (pétrole + gaz), la mer du Nord est dépassée uniquement par les zones du Golfe Persique, du Golfe de Mexico et de la mer de Maracaïbo.

Les investissements totaux (sur 10 ans) devraient atteindre 23.10^9 florins.

R. RECHERCHES - DOCUMENTATION

IND. R 112 Fiche n° **61.610**

X. Politiques de recherches des directions techniques du ministère du développement industriel et scientifique. — **Annales des Mines (France),** 1973, mai, p. 65/107, 7 fig., 8 tabl.

Les six directions techniques du ministère du développement industriel et scientifique exposent les grands axes des politiques qu'elles mettent en œuvre pour encourager la recherche technique dans tout ou partie des branches industrielles relevant de la compétence de chacune d'elles. On trouvera ainsi évoqués les directions et secteurs d'activités suivants : - Direction des carburants (DICA) : secteur pétrolier; - Direction de la construction mécanique et électrique et de l'électronique (DIMELEC) : industries mécaniques, automobiles, gros équipements, industrie électronique, machines-outils ; - Direction du gaz, de l'électricité et du charbon (DGEC) : énergie électrique; - Direction des industries chimiques, textiles et diverses (DIGTD) : chimie, verre, caoutchouc et plastique, pharmacie, textile, cuir, bois, papier, etc; - Direction des industries métallurgiques (DIMETAL) : sidérurgie, fonderie, première transformation des métaux ; - Direction de la technologie, de l'environnement industriel et des mines (DITEIM) : valorisation des ressources du sous-sol, minerais, métaux et matériaux de construction. Un septième papier est consacré au Centre de Recherches des Charbonnages de France (CERCAR), centre placé sous la tutelle conjointe de trois directions du ministère : DGEC, DICTD, DITEIM.

Résumé de la revue.

S. SUJETS DIVERS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES.

IND. S 4422 Fiche n° **60.643**

H.W. LANG et R.W. FREEDMAN. A three minute gas chromatographic analysis of the main constituents

of mine atmospheres. *Une analyse de chromatographie gazeuse des principaux constituants d'atmosphères minières, effectuée en trois minutes.* — U.S. Bureau of Mines, 1972, R.I., n° 7696, 7 p., 3 fig.

Le Bureau of Mines a mis au point une méthode très rapide de chromatographie gazeuse pour la détermination de routine de l'oxygène, de l'azote, du méthane et de l'anhydride carbonique, dans les échantillons d'air des mines. Une analyse s'effectue en 3 minutes; les résultats apparaissent en imprimé sur un simple ruban de papier. L'échantillon de gaz est scindé entre deux colonnes contenues dans des chromatographes séparés. Une colonne à filtre moléculaire de 5 A, sépare l'oxygène, l'azote et le CH_4 ; une colonne à polymère poreux sépare le CO_2 à partir d'un point culminant d'air. On effectue une analyse sélective directe du CH_4 à partir de ce point culminant d'air non résolu en employant un détecteur d'ionisation à flamme d'hydrogène (FID). Le CO_2 est converti catalytiquement en CH_4 et détecté par FID.

Biblio : 6 réf.

Conférence Internationale « Radio : Routes, Tunnels et Mines »

organisée par l'Institut National des Industries Extractives, Liège (Belgique), avril 1974

L'Institut National des Industries Extractives organise à Liège, du 1er au 5 avril 1974, une Conférence Internationale intitulée : « Radio : Routes, Tunnels et Mines ».

Les trois premières journées seront consacrées à la présentation des exposés répartis comme suit :

— un jour et demi : Radio : Routes et Tunnels
— un jour et demi : Radio : Mines.

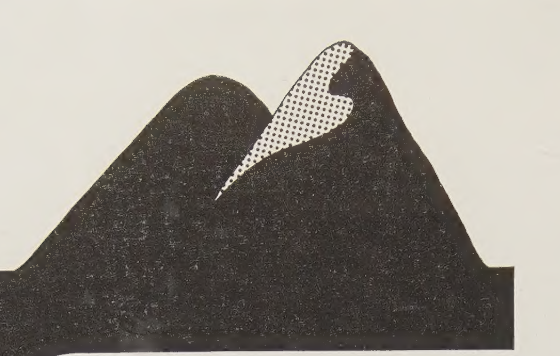
Les langues officielles sont le français, l'allemand et l'anglais; la traduction simultanée vers ces trois langues sera assurée. Les rapports seront publiés après la Conférence.

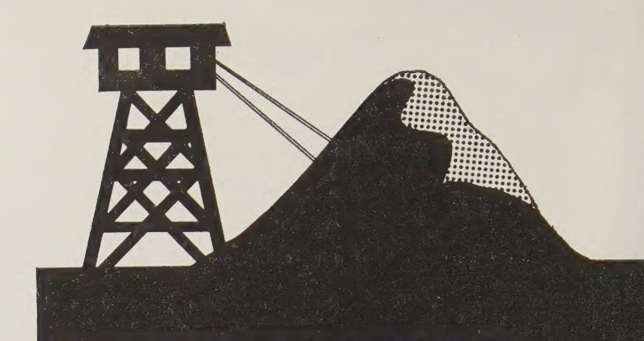
Les deux dernières journées seront consacrées à des visites techniques dans les pays de la Communauté.

L'Université du Surrey, le National Coal Board, l'Institution of Electrical Engineers et l'Institution of Electronic and Radio Engineers (Grande-Bretagne) organisent conjointement un colloque sur le thème « Leaky feeder communication systems », à l'Université du Surrey, les 8 et 9 avril 1974; le premier jour sera consacré à des visites et le deuxième à la présentation des exposés.

Pour tous renseignements complémentaires, prière de s'adresser à l'Institut National des Industries Extractives, rue du Chéra, B-4000 LIEGE (Belgique), tél. : 04/52.71.50, télex : INIEX LIEGE B 41128.

TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS
ALFABETISCHE TAFEL VAN DE AUTEURS





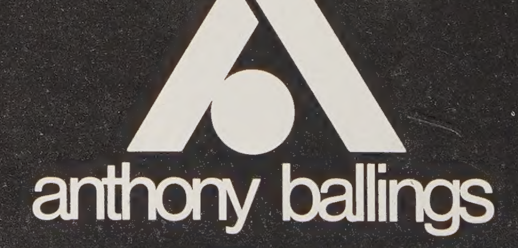
Travaux miniers en toute sécurité



Interrogez Ballings : une gamme complète d'explosimètres, de contrôles de télémesure et de détecteurs de gaz, fixes, transportables ou manuels.

Ballings : une solution de confiance pour chaque problème de contrôle et de détection.





anthony ballings

des applications et des systèmes au service de la technologie d'aujourd'hui

av. G. Rodenbach 6, 1030 Bruxelles / Tél. (02) 41.00.24

Louis Gille / Bruxelles 2/084

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel